

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE CUATRO COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE LA
BROCA DEL CAFÉ (M.I.B.), EN PLANTACIÓN DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea*
canephora), FINCA CHITALÓN, MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

MARCELO JOSE RODAS AQUINO
CARNÉ 200640962

MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ, SEPTIEMBRE DE 2,019.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE CUATRO COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE LA
BROCA DEL CAFÉ (M.I.B.), EN PLANTACIÓN DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea*
canephora), FINCA CHITALÓN, MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

MARCELO JOSE RODAS AQUINO
CARNÉ 200640962

ASESORA
INGA. AGRA. MARIA CLARISA RODRIGUEZ GARCÍA

MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ, SEPTIEMBRE DE 2,019.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

M. Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos	Rector
Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

REPRESENTANTES DOCENTES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal
-----------------------------------	-------

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angelica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM Y TAE. Rony Roderíco Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

COORDINADOR ACADÉMICO

MSc. Héctor Rodolfo Fernández Cárdena

COORDINADOR CARRERA LICENCIATURA EN ADMINISTRACION DE EMPRESAS

MSc. Rafael Armando Fonseca Ralda

COORDINADOR CARRERA DE LICENCIATURA EN TRABAJO SOCIAL

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

COORDINADOR DE LAS CARRERAS DE PEDAGOGÍA

Dr. René Humberto López Cotí

COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

MSc. Erick Alexander España Miranda

**COORDINADOR CARRERA LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y
SOCIALES, ABOGADO Y NOTARIO**

Lic. José David Barillas Chang

COORDINADORA CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Lcda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

COORDINADOR DE AREA

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

COORDINADORA DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA

Lcda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

**COORDINADORA CARRERA PERIODISTA PROFESIONAL Y LICENCIATURA EN
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN.**

MSc. Paola Marisol Rabanales

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: por darme el regalo más grande: salud, vida y familia, la cual ha sido la mayor motivación en mi vida.

MIS PADRES: Pablo Rodas Zuñiga y Amanda Aquino Esteban, por demostrarme su amor a través del sacrificio del día a día en busca de mi superación personal, dejándome equivocarme y enseñarme la importancia de la educación, el esfuerzo y el trabajo.

MIS HERMANOS: Juan Pablo, Luis Diego y Bairon de Jesús recordando cada una de las experiencias vividas, que nos unieron como familia y que nos permite apoyarnos en cada circunstancia de la vida.

MI ESPOSA: Jaqueline Lucrecia Ordoñez Escobar por haber vivido todos y cada uno de los sacrificios durante todo el proceso educativo para alcanzar tan importante logro.

MI HIJO: José Pablo Rodas Ordoñez mi gran amor, la motivación para seguir con el esfuerzo de terminar dicho documento académico.

JULIO ALBERTO ORDOÑEZ MARTINEZ: suegro, amigo, padre, abuelo, esposo, hermano, presente en cada recuerdo que nos ha dejado gravado en nuestra mente y corazón.

MIS AMIGOS: por haber compartido durante todo este tiempo de preparación universitaria, eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS: en este encuentro cara a cara contigo, muchas veces víctima de mi frustración, porque este momento se atrasaba, sabes que dude que estabas conmigo, hoy llenos de alegría te pido perdón y te confieso que estoy feliz, se que nunca me dejaste solo, te amo Dios mío.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: tricentenaria Alma Mater que me ha educado y preparado para la vida.

MI ASESORA:

Inga. Agr. María Clarisa Rodríguez García por la gentileza y amabilidad en la supervisión y asesoramiento en la etapa de EPSAT, demostrando siempre confianza en mi trabajo académico.

MIS AMIGOS:

a todos mis amigos y compañeros universitarios en especial aquellos que me acompañaron en el Ejercicio Profesional Supervisado para la carrera de Agronomía Tropical.

PERSONAL DE AGRICOLA CHITALON:

Eternamente agradecido por compartirme sus conocimientos, amistad y confianza en especial: ing. Ag. Julio Benavente, a los señores: Albaro Marroquín, Ubaldino de León, Bernardo Tello, Ventura Bay.

INDICE GENERAL.

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
1. Marco Conceptual	6
1.1. Cultivo de café (<i>Coffea canephora</i>).....	6
1.1.1. Morfología y anatomía funcional del Cafeto	6
1.1.1.1. Raíz.....	6
1.1.1.2. Tallos y bandolas	6
1.1.1.3. Hojas.....	8
1.1.1.4. Desarrollo de la flor y floración	8
1.1.1.5. Crecimiento del fruto	9
1.1.1.6. Semilla y germinación	10
1.2. Especies y variedades del cafeto	10
1.2.1. Variedad Robusta	11
1.3. Plagas en el cultivo de café y su control.....	12
1.3.1. Recomendaciones para el manejo de plagas	12
1.3.2. La broca del Café	13
1.3.3. Características de la broca	13
1.3.4. Ciclo biológico de la broca	14
1.3.5. Medios de dispersión o distribución de la broca.....	14
1.3.6. Daños causados por la broca en el fruto de café	15
1.3.7. Bioecología de la plaga.....	15
1.3.8. Umbral económico de la plaga.....	16
1.3.9. Elementos del nivel de daño económico de la plaga (N.D.E.)	16
1.3.9.1. El índice de daño de la broca en el cultivo de café	17
1.3.9.2. Densidad poblacional de la plaga (D)	17
1.3.9.3. El precio de venta del Café	17

1.3.9.4. Costo de la medida de control de la broca	17
1.3.10. Manejo integrado de broca (MIB)	18
1.3.10.1. Muestreo en cada grano de café	18
1.3.10.2. Control cultural	18
1.3.10.3. Control manual	19
1.3.10.4. Control químico	20
1.4. Diseño completamente al azar	21
1.4.1. Ventajas del uso del diseño completamente al azar	21
2. Marco Referencial	23
2.1. Área de experimentación	23
2.1.1. Ubicación geográfica	23
2.1.2. Localización y vías de acceso.....	24
2.2. Estudios relacionados al manejo integrado de la broca en el cultivo de café	24
2.2.1. Estudio de Dufour, B.....	24
2.2.2. Datos importantes dentro de la investigación.....	25
2.2.3. Estudio del Centro Nacional de Investigación de Café (CENICAFE).....	26
V. OBJETIVOS	29
1. Objetivo general	29
2. Objetivos específicos.....	29
VI. HIPOTESIS	30
VII. MATERIALES Y METODOS	31
1. Materiales	31
1.1. Recurso humano.....	31
1.2. Recurso físico	31
1.3. Recurso financiero.....	32
2. Metodología.....	32
2.1. Muestreo.....	32
2.2. Control cultural.....	33
2.2.1. Manejo de sombra	33
2.2.2. Tipo de poda a realizar	34

2.2.3. Control de malezas.....	34
2.3. Control químico	34
2.4. Control biológico.....	35
2.5. Control etológico	35
2.6. Control manual	35
2.7. Diseño estadístico utilizado en la investigación	36
2.7.1. Diseño completamente al azar.....	36
2.7.2. Modelo estadístico	36
2.7.3. Tratamientos.....	37
2.7.4. Repeticiones	37
2.7.5. Unidad experimental	37
2.7.6. Aleatorización	38
2.7.7. Variable de respuesta	38
2.7.8. Análisis de la información	39
2.7.9. Análisis de varianza	39
2.7.10. Cálculo del coeficiente de variación.....	40
2.7.11. Análisis de costos de control de la broca.....	40
2.7.12. Manejo del ensayo de campo	41
2.7.13. Boleta de campo.....	41
2.7.14. Control y tabulación de datos	41
2.7.15. Análisis de varianza (ANDEVA).....	41
2.7.15.1. Comparación de costos por la aplicación de cada uno de los tratamientos	42
2.7.16. Cantidad de frutos colectados por medio del control manual	42
VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
1. Determinación del efecto de los tratamientos evaluados, sobre el porcentaje de control de infestación de la broca de café	43
1.1. Primer muestreo de la infestación de la broca en el fruto de café	43
1.2. Segundo muestreo de la infestación de la broca en el cultivo de café.....	45
1.3. Tercer muestreo de la infestación de la broca en el fruto de café.	48
1.4. Porcentaje de control de infestación de la broca de café	49

2. Determinar la rentabilidad con presupuestos parciales del manejo integrado de la broca del café	52
2.1. Identificación de los rubros de costos relevantes.....	53
2.2. Estimación de los precios de campo de los insumos	53
2.4. Estimación de los rendimientos ajustados.....	55
2.5. Estimación de los beneficios netos de campo.....	56
2.6. Análisis de dominancia.....	57
2.7. Cálculo de la tasa marginal de retorno	57
2.8. Análisis de residuo.	58
3. Análisis del porcentaje de control y rendimiento para cada uno de los tratamientos.....	59
IX. CONCLUSIONES	61
X. RECOMENDACIONES	63
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64
XII. ANEXOS	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Período del ciclo de vida de la Broca del Café, según la temperatura (°C).....	14
2. Control de la broca en función de la producción del cafetal y nivel de infestación.	20
3. Recursos financieros para la investigación.....	32
4. Fórmulas para el análisis de varianza.	40
5. Primer muestreo de infestación de broca (previo a la aplicación de los tratamientos).....	44
6. Analisis de varianza a los resultados del segundo muestreo.	45
7. Prueba multiple de medias del analisis de varianza del segundo muestreo.	46
8. Análisis de varianza del tercer muestreo realizado en los cuatro tratamientos.	48
9. Prueba múltiple de medias del análisis de varianza del tercer muestreo	48
10. Porcentaje de control de cada uno de los tratamientos	49
11. Estimación de precios de campo de los insumos.	54
12. Estimación de los costos que varían.	55
13. Ajuste de rendimientos de café por hectáreas en finca Chitalón.....	56
14. Estimación de beneficios netos.	56
15. Análisis de dominancia.....	57
16. Calculo de la tasa de retorno marginal.	58
17. Análisis de residuo	59
18. Porcentaje de control de cada tratamiento	60

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa Finca Agrícola Chitalón, S.A.....	23
2. Croquis de campo de las unidades experimentales.....	38
3. Resultados de la infestación en % obtenidos en los tres muestreos realizados.....	51
4. Aplicación del control biológico en la parcela experimental	67
5. Colocación y llenado de trampas.....	67
6. Producto químico para evaluación de tratamiento	68
7. Frutos producto de floraciones fuera de época.....	68
8. Preparación de control biológico para evaluar su efectividad.	69

RESUMEN

En este documento se presenta la investigación denominada: EVALUACIÓN DE CUATRO COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ (M.I.B.), EN PLANTACION DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*), FINCA CHITALÓN, MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ. Debido a los serios daños que causa la broca del café en el fruto, en finca Chitalón la cosecha del año 2,015 reportó una pérdida del 30 %, sabiendo que el mayor daño se da cuando el fruto se encuentra tierno ya que facilita la oviposición de las larvas, así como la alimentación del adulto. La importancia de implementar el Manejo Integrado de la Broca (MIB) es evaluar diferentes tipos de control como el químico, el manual y el biológico (ya que en finca Chitalon son utilizados el control etológico y cultural únicamente), con el objetivo de poder eliminar los hospederos de la plaga los cuales son granos de café que quedan tirados o en la planta, que son provocados por floraciones fuera de temporada. Es necesario crear condiciones adversas para la plaga a través del control cultural, como la colocación de trampas (control etológico), así como el control biológico (proliferación del hongo *Beauveria bassiana*), ya que proporcionan un ambiente de control, desfavorable para el desarrollo del insecto.

Los objetivos específicos de la investigación fueron los siguientes:

- Determinar el efecto de los cuatro componentes del manejo integrado de la broca en el rendimiento de la cosecha de café.
- Determinar la influencia de la temperatura sobre el comportamiento de la plaga.
- Determinar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de infestación de la broca en el cultivo de café.

Se realizaron tres muestreos periódicamente, (un muestreo mensual) sabiendo que el ciclo de la broca se reduce conforme a la temperatura (a mayor temperatura menor será el ciclo de vida) para finca Chitalón el ciclo de vida de la broca se encuentra en un promedio de 30.6 días, el control cultural se dividió en tres actividades distintas: el manejo de sombra, el tipo de poda y el control de malezas. En el control químico se utilizó una dosis de 125 cc/bomba de 16 l. de insecticida Endosulfán. Para el control

biológico las sepas del hongo fueron adquiridas en una empresa comercial por lo que fue aplicado de igual manera que el control químico con una dosis de 250 cc/bomba de 16 l. para el control etológico se utilizó un trapeo artesanal con envases plásticos y goteros con atrayente, En el control manual se recolecto todo el fruto caído al suelo (pepena) y aquellos que quedaron en la planta después de la cosecha concluida (repela).

Se utilizaron cuatro diferentes tratamientos: T1=Control Etológico (Colocación de Trampas), T2= control químico (Endosulfan), T3= control manual (pepena y repela), T4= control biológico (*Beauveria bassiana*). El experimento de campo fue establecido utilizando el diseño estadístico completamente al azar.

Al analizar los resultados de la investigación se determinó que existe diferencias significativas por lo que se realizó la prueba múltiple de medias de TUKEY identificando tres grupos homogéneos: A: manual, B. etológico y biológico y C. químico, por lo que el tratamiento que presenta menos infestación de broca es el control manual.

El control manual fue el mejor tratamiento ya que dicha área produjo 36.50 quintales/ha, con un costo de Q. 188.85/ha y un porcentaje de control de 8.81 %, otro de los controles que ha generado mayor satisfacción ha sido el biológico presentando un porcentaje de control de 6.54, un rendimiento de 40.00 quintales/ha pero su costo ha sido el que presenta mayor inversión con Q.507.75/ha.

Concluyendo que, el control manual ha sido el que mejores resultados ha generado debido a que ha eliminado la mayor cantidad de hospederos esto se debe que dentro de los cuatro estadios del insecto solo la hembra puede volar además de que la hembra fecundada deposita los huevecillos dentro de los granos de café, al eliminarlos en gran medida se elimina el ciclo completo. El control biológico es el segundo mejor control pero necesita de más tiempo ya que, es a través de un hongo y se necesita infestar a la plaga.

El insecto aumenta su velocidad de reproducción directamente proporcional a la temperatura, finca Chitalón se encuentra entre 23-27°C durante el año por lo que la aplicación del control químico es ineficiente ya que mensualmente tendría que realizarse una aplicación.

Las principales recomendaciones fueron: utilizar el control manual, ya que este control ha presentado mayor disminución de la infestación de la broca, y el segundo con mejor rendimiento en la cosecha, implementar el control biológico si se desea cultivar café orgánico.

Realizar la aplicación de tres de los cuatro componentes del manejo integrado de la broca, el control etológico, el control biológico y el control manual, ya que esto haría más eficiente el control de la broca dentro de los cafetales de finca Chitalón.

ABSTRACT

In this present document was presents the investigation: EVALUATION OF FOUR COMPONENTS OF INTEGRATED HANDLING OF THE COFFE DRILL BIT (M.I.B.), IN ROBUST COFFE PLANTATION). Due to the seriuos damage the coffe drill bit causes to the fruit, the estate Chitalon during the 2015 th harvest it was reported a lost of 30%, knowing that the biggest damage is given when the fruit is tender as it facilitates the ovoposition of the eggs, as well as the alimentation of the adult and the developmen of the offspring. The inportance to implement the Integrate Management of the drill bit (MIB) is evaluate other tipos of control (Chemial, manual, biological) with the objctive of the power of eliminating the host as are the grains of coffe that are drawn or on the ground provocated by Bloom out of time.

The specific objctives of the reserch were the following:

- Determinate the efect of the four components of the integrated manegemnt of the drill bit in the performance of the harvest coffee.
- Determinate the existant relationship of the temperature over the behavior of the insect.
- Determinate the efect of the treatment over the percent of infestation of the drill bit over the crop of the coffee.

The realization of tree periodical samplings (one each month) knowing that the cicle of the drill bit is reduced acording the temperature for the estate Chitalon, the cicle of life of the drill bit is at an average of 30.6 days. The cultural control is devided in tree diferent activities: the management of the shadow, the type of pruning and the control of the undergrowth. The chemical control was used in a dose of 125 cc/bomb of 16 l. of Endosulfan insecticide. For the biological control, the insecticide was acquired in a commercial enterprice so it was aplied in equal form to the chemical control with a dose of 250cc/bonb of 16 l., for the etiological control was used a trapping craft with plastic containers and drippings with attractive. In the manual contron was recolected all the fallen fruit in the grownd and those that was in the plant in the concluded harvest.

The used statistic design was completely random.

When getting the results of the research, was determined that exist significant difference so it has been made the multiple test of stockings identifying tree homogeneous groups: A: manual, B: etiological and biological and C. chemical so the treatment that present less infestation in the manual control.

The manual control has been the best treatment because it area produced 36.50 quintals/ha, with a cost of Q.188.85/ha and a percent control of 8.81%.

Other controls that generated higher satisfaction has been the biological, presented a control percent of 6.54, and a performance of 40.00 quintals/ha but the cost is the one that present higher investment with Q.5.75/ha.

Concluding that: the manual control is the one with better results has generated because it eliminates the higher amount of hosts as inside of the four stadiums of the insect, only the female can fly, also the fertilized female deposits the eggs inside the coffee beans, at eliminate it in a large degree it eliminates the complete cycle.

The biological control is the best second control but it needs time because it is a fugitive and needs to infest the insect.

The insect increases the reproduction speed according to the temperature, estate Chitalon in over 23-27°C in the year and that's why the application of the chemical control is inefficient because monthly it would have to be done an application.

The principal recommendation was: using the manual control because this has been the treatment with higher cost effectiveness, the one that more decreases of infestation presented and the second with more performance.

Realizing tree of the four components of the integrated handling of the drill bit (etiological, biological and manual) because it could be more efficient the control of the drill bit over the coffee plants in estate Chitalon.

I. INTRODUCCIÓN

La introducción del cultivo de café en Guatemala se atribuye a los sacerdotes Jesuitas en el año de 1,760, llegando al país como planta ornamental para los jardines de Antigua Guatemala y del valle de la ciudad capital. Posteriormente el café se convirtió en un cultivo de mucho interés para el país de tal manera que en 1,858 se llega a exportar 480 quintales de café oro a Europa.

En el año 2016 el cultivo de café pasa por una crisis que inició en el año 1,990, debido a la baja en los precios (Q. 128.00/quintal en cereza), así como la proliferación de plagas como la roya y la broca del café, las cuales llegan a afectar las cosechas cada año.

Finca Chitalón cuenta con 176.4 ha de café con variedades tales como: Caturra, Catuaí, Catimor y Robusta. La variedad Robusta ocupa un área de 77.1 ha, siendo la de mayor extensión territorial e interés para la finca, debido a que requiere de menores costos de producción (menos deshijes y manejo de podas).

Otro factor importante por el cual la variedad Robusta ha tomado mayor importancia en finca Chitalón se debe a que la conversión en rendimiento de cereza a pergamino u oro es menor (para un quintal de pergamino se necesita cuatro quintales en cereza).

En finca Chitalón el cultivo de café ha sido afectado por la plaga de la broca del café (30 por ciento) para lo cual la finca utiliza el control etológico a través de la colocación de trampas con atrayentes, tales como el alcohol etílico y metílico, colocando 23 trampas por hectárea, así como dos componentes del control cultural, uno de ellos el manejo de sombra y el otro, el manejo de podas de la planta de café.

Se realizó la evaluación de cuatro componentes del Manejo Integrado de la Broca (MIB) (el control cultural no se ha evaluado porque la finca lo realiza cada año, además de no ser autorizado dejar áreas sin dicha actividad como lo son manejo de sombra, deshije y

control de malezas), en la variedad de café Robusta teniendo como objetivos específicos:

- Determinar el efecto de los cuatro componentes del manejo integrado del insecto en el rendimiento de la cosecha de café.
- Determinar la influencia de la temperatura sobre el comportamiento del insecto plaga.
- Determinar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de infestación de la broca en el cultivo de café.

Se ejecutó la evaluación del porcentaje de control, evaluando cuatro diferentes tratamientos, los cuales fueron: tratamiento uno (T1) = Control etológico (colocación de trampas), tratamiento dos (T2) = Control químico (Endosulfan) tratamiento tres (T3) = Control manual (Pepeña y repela) y tratamiento cuatro (T4) = Control biológico (hongo *Beauveria bassiana*).

Se realizaron tres muestreos, el primer se realizó la segunda semana de junio, con el objetivo de cuantificar el porcentaje de infestación inicial, el segundo muestreo se realizó la segunda semana de julio, el tercer y último se realizó la segunda semana de agosto.

El tratamiento que mejores resultados presentó fue el control manual, ya que fue el que mayor porcentaje de control evidenció con un 8.81 % y un rendimiento de 40 quintales/hectárea, así como el análisis de rentabilidad con mayor tasa marginal de retorno (7948%) en comparación con los otros tratamientos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de café en los últimos años ha sido afectado por la plaga de la broca del café, en finca Chitalón para el año 2015 se reportó una pérdida del 30 % en la cosecha del café Robusta, siendo esta la plaga de mayor importancia económica para la caficultura guatemalteca.

Dicha plaga está presente en todas las áreas en donde se cultiva café la cual afecta de manera directa el rendimiento por unidad de área, así como también la calidad; el mayor problema se da cuando el insecto utiliza como hospedero las semillas para poder depositar sus huevos lo que llega a provocar la caída del fruto.

La evaluación de cuatro componentes del manejo integrado de la broca (M.I.B.) se realizó con el propósito de determinar la efectividad de cada uno de los tratamientos. La finca utiliza como control el etológico a través de la colocación de trampas a base de alcohol etílico y metílico (el control químico es muy caro en comparación con el etológico), también se realiza el manejo de sombra de los árboles que sirven como protección a los rayos del sol y de las plantas de café. Además, se utilizan dos de los tres componentes del control cultural (manejo de sombra y de tejido productivo).

El mayor problema en el control de la broca se da en el ciclo de vida ya que se reduce en días conforme a la temperatura, para el caso de finca Chitalón donde la temperatura oscila entre 23 a 27 grados centígrados; el ciclo de vida se repite en un promedio de 30.6 días por lo que al realizar el control simplemente con la colocación de trampas, el manejo de podas y control de maleza (como lo realizaba la finca) no tiene una disminución considerable de la infestación, otro de los problemas es la capacidad de la hembra de volar a diferencia del macho, ya que cuando la hembra es fecundada abandona la cereza y emigra a otros granos buscando uno que no haya sido infestado para ovipositar sus huevecillos.

Al realizar un manejo integrado de la broca se buscó combatir al insecto creando condiciones adversas, eliminando hospederos con el control manual, proliferando enemigos naturales como el hongo *Beauveria bassiana*, y la colocación de trampas para atrapar y para eliminar a las hembras deteniendo su reproducción y la multiplicación de la plaga.

Se busca identificar la relación existente de la temperatura sobre el comportamiento de la plaga ya que se sabe que el insecto acelera su desarrollo sexual cuando la temperatura sube.

Es importante identificar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de infestación de la broca en el cultivo de café ya que el ataque de la broca disminuye el peso y la calidad del grano de café.

III. JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación se busca evaluar el daño que causa cada uno de los tratamientos en la bioecología de la broca generando condiciones adversas para la reproducción y vida de la plaga.

La gran importancia de evaluar el Manejo Integrado de la Broca (MIB) es que al realizar un solo tipo de control el ciclo de reproducción de la broca no se detiene, es necesario evaluar otros tipos de control de manera integrada (Químico, manual, etológico y biológico).

Al evaluar el control manual, la pepena y la repela, se busca obtener datos concretos sobre los efectos positivos de interrumpir el ciclo de reproducción de la plaga al recolectar todos los frutos incluso aquellos frutos brocados, verdes y maduros producto de floraciones fuera de temporada.

Además, es necesario crear condiciones adversas para la plaga, como la aplicación del hongo *Beauveria bassiana*, ya que proporcionan un ambiente desfavorable para el desarrollo de la broca lo que disminuye la población del insecto.

Disminuir el porcentaje de infestación en los frutos, a nivel económico es de gran importancia ya que Campos O. y García A. (1997) indican que para una producción de 10 quintales pergamino/manzana se tiene que tener una infestación no mayor al 5 % y si se aspira a producir más de 40 quintales pergamino/manzana se debe de tener un porcentaje de infestación del 2 %.

Al ser la plaga que mayor daño causa en la caficultura, es de gran importancia realizar la investigación, siendo para la finca prioridad ya que existen investigaciones relacionadas, pero en condiciones ambientales diferentes (temperatura) lo que no puede ser un parámetro debido al ciclo biológico de la plaga.

IV. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Cultivo de café (*Coffea canephora*)

1.1.1. Morfología y anatomía funcional del Cafeto

1.1.1.1. Raíz

Según León J. (1962), el sistema radicular está formado por una raíz principal, llamada pivotante; raíces axiales o de sostén; raíces laterales y raíces absorbentes o raicillas. La pivotante o “clavo” profundiza un máximo de 50-60 cm, y justamente con las raíces axiales realiza la función de sostén o anclaje de la planta. El 80 al 90 % de las raíces pequeñas son responsables de la absorción de agua y los nutrientes, estas se encuentran en los primeros 30 cms de profundidad. La raíz también puede almacenar reservas en forma de almidón y azúcares solubles.

Existe entre las raíces y la parte aérea del cafeto una interacción nutricional. Las raíces dependen de las hojas para obtener alimentos derivados del proceso de fotosíntesis y de hormonas para su crecimiento y desarrollo. Por su lado, los órganos aéreos dependen de las raíces para obtener el agua, algunos aminoácidos y los elementos minerales, contenidos en el suelo en forma natural, que generalmente son complementos a través de la aplicación de fertilizantes.

1.1.1.2. Tallos y bandolas

La planta de café tiene dos tipos de crecimiento.

- Vertical (Ortotrópico)

Crecimiento del tallo principal a través de su punto de crecimiento terminal o meristemo. Cuando la planta tiene 6 ó 7 pares de hojas (Generalmente en el almacigo) produce el primer par de ramas o “Cruz”, desarrollada a partir de una yema denominada “Cabeza de serie”, situada encima del último par de hojas originado. Luego, seguirá ramificándose conforme continúe el crecimiento vertical. El crecimiento entre un nudo y otro se denomina “entrenudos”, y su longitud es una característica diferencial entre las variedades de porte bajo (entrenudos cortos) y las de porte alto (Entrenudos más largos). En la axila de cada par de hojas del tallo, existe un grupo de yemas latentes en serie o “seriadas” a partir de las cuales se desarrollan los “hijos” o brotes verticales. Estas yemas son fuertemente estimuladas y brotan cuando se poda o agobia la planta, lo que requiere labores de “deshije” posteriormente. (Leon J. y Fournier, L. 1,962).

- Horizontal (Plagiotrópico)

Sobre las bandolas, en la axila de cada par de hojas existen varias yemas latentes, conocidas también como yemas “seriadas”, pero que tienen un comportamiento diferente a las yemas del tallo. Las yemas en las bandolas son, básicamente, de naturaleza vegetativa y la mayoría van a diferenciarse para formar yemas florales, después de recibir estímulos climáticos. A partir de estas yemas, también puede formarse el crecimiento de ramas secundarias, ya que generalmente no hay yemas cabezas de serie sobre las bandolas. (León J. y Fournier, L. 1,962).

En el campo, la planta tiene un crecimiento acelerado en los primeros 5 o 6 años, que luego será más lento. El crecimiento en altura se marca en los primeros 3 años, después habrá un mayor desarrollo de ramas secundarias y terciarias, donde va a concentrarse una producción creciente, hasta concluir su primer ciclo de producción comercial. Si la planta no es renovada por medio de podas, la cosecha se concentrará en el limitado crecimiento nuevo de las bandolas y en la parte superior de la planta, declinando la producción por la predominancia de tejido lignificado, que no es productivo. (León J. y Fournier, L. 1,962).

1.1.1.3. Hojas

La formación de todas las hojas se inicia en el ápice del tallo y las ramas. En ellas se realiza la producción de muchos alimentos y hormonas, con las cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosechas. Las hojas sirven de vehículo para absorber el carbono atmosférico y la energía radiante del sol, así como la liberación de agua en forma de vapor a través de los estomas. La epidermis de las hojas posee ceras en su cutícula, dando protección contra la pérdida de agua interna. (León J. y Fournier, L. 1,962).

1.1.1.4. Desarrollo de la flor y floración

Las yemas que dan origen a las inflorescencias están, básicamente, distribuidas en forma axilar sobre las bandolas, a nivel de la base de las hojas en cada nudo, con un promedio de 12 flores por nudo. Inicialmente, las yemas son de naturaleza vegetativa y por estímulos de días cortos, entre los meses de octubre a diciembre, se transforman paulatinamente en yemas reproductivas o florales. Estando formadas las yemas florales, los botones crecen lentamente durante unos dos meses, hasta alcanzar un tamaño de 5 a 8 mm y detienen su crecimiento, iniciando un periodo de reposo que puede durar semanas, aún. Reciben entonces el nombre de botones maduros y, únicamente bajo esta condición, podrán salir de su letargo y brotar. Se consideran inmaduros los botones de un tamaño menor de 4 mm. (León J. y Fournier, L. 1,962)

Las lluvias, luego de un periodo seco, hace que los botones continúen su crecimiento rápidamente hasta su apertura en flores, aproximadamente 8 a 10 días después de la lluvia. Este fenómeno parece estar controlado por la presencia de dos sustancias reguladoras del crecimiento en el botón floral, el ácido abscísico que inhibe el crecimiento y el ácido giberélico que lo promueve. Se estima que 10 mm de lluvia son necesarios para estimular la floración. Por efecto de la lluvia la temperatura ambiental desciende, lo que también podría estar relacionado con la estimulación floral. La apertura de las flores o antesis ocurre durante las primeras horas de la mañana; en el

segundo día empiezan a marchitarse y a partir del tercer día se desprenden los pétalos y los estambres. (León J. y Fournier, L. 1,962).

Las flores individuales son completas, hermafroditas y auto fértiles. Los cafetos de todas las variedades de *Coffea canephora* tienen un alto porcentaje de autofecundaciones estimado en 91-96 %, con una polinización cruzada que no excede del 9 %. Esto es favorecido porque, antes de abrirse la flor, algunas anteras ya han liberado polen internamente. Como resultado de la unión del grano de polen con los dos óvulos (dentro del ovario) se formará un fruto que contendrá normalmente dos semillas. (León J. y Fournier, L. 1,962).

1.1.1.5. Crecimiento del fruto

Luego que los óvulos han sido “polinizados”, el ovario fecundado o “Pequeño fruto” empezará a crecer, en las primeras 6 o 7 semanas el fruto crece muy lentamente, alcanzando un tamaño de 3 a 4 milímetros.

Un mes y medio después de la floración, el fruto inicia un crecimiento acelerado, que continúa hasta los tres meses y medio, en esta etapa, el pergamino se forma y se lignifica, definiéndose el crecimiento que tendrá el grano. Un déficit hídrico en este periodo puede provocar el secamiento y purga en frutos tiernos.

Continúa un estado de crecimiento lento y el llenado del grano o endospermo. En esta fase, el fruto consume la mayor cantidad de nutrientes. Si hubiera un periodo de sequía muy acentuado, entre el tercer y cuarto mes post floración, podrían presentarse problemas de grano negro. Entre el cuarto y sexto mes el grano se endurece, forma la pulpa y alcanza su madurez fisiológica como fruto “sazón”, que ha obtenido su máximo crecimiento. Finalmente, el fruto llega a su madurez de corte, como promedio, sobre el octavo mes después de la floración. (Valencia A, 1,998).

1.1.1.6. Semilla y germinación

La mayor parte de la semilla la constituye el endospermo, que es de consistencia dura y color verdoso. El embrión que formará la futura planta se localiza dentro de la semilla a nivel de la base, con la apariencia de un pequeña “paleta” de aproximadamente 4 milímetros de largo y una tonalidad “Crema” que trasluce dentro de la semilla. Alrededor de la semilla se encuentra la película plateada, que es visible cuando se seca, y luego el pergamino (endocarpio). (León J. y Fournier, L. 1,962).

Para que el embrión se desarrolle, es necesario que la semilla este madura y se tengan buenas condiciones de humedad y temperatura. Al colocarse la semilla en el suelo, la misma absorbe agua hinchándose y el embrión empieza a crecer. Inicialmente, brota la radícula o raicilla saliendo del pergamino, curvándose hacia abajo. El tallo o hipocotílo crece y levanta los cotiledones aun envueltos dentro del pergamino, que luego se desintegra abriendo la “mariposa”, nombre con el que se conoce en Guatemala a esta fase de la planta. Hasta este momento el embrión se ha nutrido de las reservas contenidas en el grano (almidón, otros azúcares), de aquí en adelante la planta deberá sintetizar sus propios alimentos. En el extremo del tallito, donde se une con los cotiledones, se localizan los puntos de crecimiento que continuarán formando el follaje de la planta. (León J. y Fournier, L. 1,962).

1.2 Especies y variedades del cafeto

En Guatemala se cultivan básicamente variedades de la especie *Coffea arabica*, que es la más difundida en el mundo, con un aporte del 70 al 75 % de la producción mundial. En Latinoamérica se cultivan diversas variedades desarrolladas a partir de las primeras introducciones, donde algunas son el resultado de mutaciones e hibridaciones naturales o artificiales. (Anzueto et. al. 1998)

Otra especie es *Coffea canephora*, variedad Robusta, como la variedad más importante. En general, Robusta ha mostrado resistencia y/o tolerancia a plagas y

enfermedades (Nematodos, Roya). Para Guatemala, este café representa únicamente el 0.1 % del café exportado. Hay otras especies cultivadas en pequeña escala en algunos países africanos o de interés para programas de fitomejoramiento, como *C. dewevrei*, *C. limbata*, *C. liberica*, *C. eugenioides* y *C. salvatrix*. Anzueto et. al. (1998).

1.2.1. Variedad Robusta

El Robusta representa la variedad tipo de la especie *Coffea canephora*, cultivada principalmente en África y Asia. Es un arbusto grande y vigoroso, rebasa los 4 metros de altura. Los brotes de recepa alcanzan los 3.50 metros antes de 3 años. Los cafetos emiten de tres a cinco ejes verticales, con cierta inclinación lateral. Las ramas laterales son largas, con poca ramificación secundaria, hojas de forma variable, entrenudos largos. El fruto es pequeños, casi esférico, agrupándose en nudos “apretados” de 15 a 25 frutos, la pulpa es bastante delgada. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998)

El Robusta se comporta muy bien en las altitudes de 1,500 a 2,500 pies. Estas variedades representan un mínimo porcentaje de la producción nacional, sin embargo, a partir del desarrollo del injerto Reyna, se ha constituido en un valioso material para patrón de injertos, presentando condiciones de resistencia y/o tolerancia a plagas del suelo, particularmente a los nematodos. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

En Guatemala, dentro de las regiones afectadas por esta plaga, predomina el nematodo *Pratylenchus*, frente al cual prácticamente “cualquier” Robusta da una buena respuesta de tolerancia, no obstante, en años recientes se determinó la presencia de poblaciones de nematodos muy agresivos, perteneciendo al género *Meloidogyne*, capaces de afectar fuertemente, incluso, a los Robusta. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

1.3. Plagas en el cultivo de café y su control

Decazy, B. (1987) indica que, en la agricultura, el concepto de plagas está directamente relacionado con los efectos económicos producidos por los insectos. Los daños causados por los insectos a las plantas son variables y pueden ser observados en todas las partes del tejido vegetal.

1.3.1. Recomendaciones para el manejo de plagas

- Determinar que plagas hay en el cafetal, por medio de muestreos, tipo, distribución y densidad de población de la plaga, esto debe hacerse todos los años.
- Elaborar un programa de trabajo para el manejo de cada plaga de importancia económica.

Este debe incluir lo siguiente:

- Designar una persona responsable del manejo de estos programas.
- Asignar uno o más plagueros adiestrados para el muestreo periódico de cafetales.
- Determinar la distribución y severidad de la plaga, e identificar, por medio de mapas sencillos, que den una referencia fácil y rápida de la ubicación en el campo.
- Listar las acciones de prevención y control a seguir durante el año: trabajos culturales, controles manuales, controles biológicos, resistencia genética, cuidados del ambiente y aplicación de químicos. (Decazy, B. 1987).

1.3.2. La broca del Café

Características de la broca del café.

Es una especie de coleóptero curculionio de la subfamilia Scolytinae del tamaño de la cabeza de un alfiler, presentando a continuación su taxonomía.

ORDEN: Coleóptera.
FAMILIA: Scolytidae
ESPECIE: *Hypothenemus hampei* Ferr.

1.3.3. Características de la broca

La broca del café es la plaga de mayor importancia económica para la caficultura guatemalteca, para la finca Chitalón en la cosecha 2015 se reportó una pérdida del 30 por ciento, para los años anteriores no se tiene un registro de cuanto se ha perdido por dicha plaga. Se encuentra en todas las zonas cafetaleras, afectando el rendimiento (conversión) y la calidad del café. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

Es un insecto de color negro brillante, de cuerpo cilíndrico, ligeramente encorvado y cabeza de forma globular. El macho mide de 1.0 a 1.25 mm de largo, con el segundo par de alas membranosas atrofiadas, que lo incapacitan para volar. La hembra mide de 1.4 a 1.8 de largo y tiene un segundo par de alas membranosas. Sus huevecillos son de forma elíptica, de cutícula brillante, color blanco lechoso al inicio, luego claro y liso, y próximo a la eclosión toma un color amarillento y rugoso. Su tamaño varía de 0.5 a 0.8 mm de largo. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

La larva es de color blanco lechoso y de consistencia blanda, mide de 1.9 a 2.3 mm de largo. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

La pupa es de color blanco y se diferencia de la larva por presentar apéndices externos, las cuales están en formación para dar lugar al adulto. Mide de 1.4 a 1.99 mm de largo. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

1.3.4. Ciclo biológico de la broca

Consta de cuatro fases o estados: huevo, luego pasa a larva (pequeña y grande), después a pupa y por último al estado adulto. El promedio de duración de los estadios es el siguiente: huevo 7 días, larva 11 días, pupa 5 días y adulto 64 días. El tiempo de duración del ciclo de la Broca depende directamente de la temperatura, el insecto sube la velocidad de reproducción conforme aumenta la temperatura; según se detalla en el cuadro uno.

Cuadro 1. Período del ciclo de vida de la Broca del Café, según la temperatura (°C).

Temperatura (°C)	Periodo del ciclo de vida (días)
19.0	81.0
22.0	63.7
25.2	30.6
28.0	28.0

Fuente. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), (Manual 1,998).

En el cuadro uno se observa la relación que existe entre la temperatura y el tiempo que se demora el insecto para llegar a su madurez sexual a mayor temperatura menor serán los días que se demora el insecto en concluir su ciclo de desarrollo hasta llegar a ser adulto.

1.3.5. Medios de dispersión o distribución de la broca

- En las semillas y frutos afectados.

- Por medio del hombre al transitar por las plantaciones, lo traslada de un lugar a otro.
- En la ropa (ruedas en camisa y pantalón), sombrero, calzado/botas y en bolsas/maletines.
- En las herramientas o utensilios de trabajo como: machetes y sus cubiertas; cuchillas y serruchos de poda/deshije, palas y rastrillos.
- En implementos de cosecha, tales como: sacos, costales, canastos y en las zarandas utilizadas para la junta del café.
- En equipos y vehículos: en la carrocería, manteados/lonas y; en el agua que se usa durante el lavado en el beneficio del café, etc.
- En la broza y otros desechos de productos provenientes de áreas infestadas. También, se dispersa por el viento y los animales (pelaje, cascos y pezuñas).
- Grano residual: los regueros en el suelo, en los lugares donde se mide el café en la finca (posterior a la cosecha cerca de un 10 % del grano permanece como fuente de infestación).

1.3.6. Daños causados por la broca en el fruto de café

La hembra inicia su perforación en la corona del grano, abre una galería en la semilla y deposita sus huevos. Si la semilla no tiene la consistencia adecuada, la broca permanece en el canal de perforación sin dañarla. Si la perforación se inicia cuando los frutos están pequeños, provoca la caída del fruto. El mayor daño es causado cuando el grano está en estado de semiconsistencia, ofreciendo un sustrato adecuado para la oviposición y alimentación de adultos y el desarrollo de los estados inmaduros (huevos, larvas y pupas). Este daño da como resultado la pérdida de peso del grano. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

1.3.7. Bioecología de la plaga

Las hembras son fecundadas dentro del fruto, luego emergen y van a depositar nuevos huevos. En Guatemala se ha encontrado una relación de 10 hembras por macho. La

hembra pone de 12 a 60 huevos; estas viven un promedio de 150 días, dependiendo de las condiciones bióticas y abióticas. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

A la broca se le encuentra afectando la plantación en forma localizada. Dentro de la planta se hallan las bandolas del tercio medio, más afectadas que el resto. Este insecto se desarrolla bien en altitudes que van desde 400 a 1,300 msnm, sus poblaciones son mayores en cafetales con sombra densa y poco manejados. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

La temperatura y la precipitación juegan un papel importante en el inicio del ataque de la broca. En los frutos que quedan en la planta y el suelo, después de la cosecha, se aloja el insecto durante el periodo seco, encontrándose una población considerable por grano (más de 50 en frutos en el suelo), que emergen con el inicio de las lluvias para afectar la nueva cosecha. En estos frutos se reportan en Guatemala infestaciones hasta del 47 %. (Anzueto, F.; Peña H.; & Jiménez, H. 1998).

1.3.8. Umbral económico de la plaga

El nivel de daño económico se interpreta como la densidad poblacional de la plaga en la cual el costo de la medida de control iguala al beneficio económico esperado por la acción de la misma. Es decir, que la acción de control “salva” una parte del rendimiento, el cual se hubiera perdido si no se toma la decisión de hacer el control. Márquez, J. M. (2002).

1.3.9. Elementos del nivel de daño económico de la plaga (N.D.E.)

El NDE está compuesto por dos tipos de datos o parámetros: Los datos biológicos que se obtienen de la experimentación y los datos económicos. Márquez, J. M. (2002)

1.3.9.1. El índice de daño de la broca en el cultivo de café

Es la pérdida de rendimiento (libras, kilogramos o toneladas) por hectárea asociado a una unidad de densidad de la plaga o unidad de daño. Para su determinación se diseñan experimentos que permiten conocer y cuantificar la relación entre la densidad de la plaga y su efecto en la reducción en el rendimiento en peso del fruto. (Márquez, J. M. 2002).

1.3.9.2. Densidad poblacional de la plaga (D)

Es la forma absoluta o relativa de expresar la población de una plaga siendo el número de insectos/fruto, el número de insectos/planta. En general representa la forma en la que se realiza el monitoreo y que debe servir para estimar la población de la plaga en el NDE. (Márquez, J. M. 2002)

1.3.9.3. El precio de venta del Café

Se refiere al precio de una unidad de producto expresado en una unidad monetaria convencional que generalmente es el dólar americano.

El grado de supresión de la plaga efectuado por la medida de control (K).

Se refiere a la eficiencia de la medida de control sobre la plaga, expresada como una proporción (valores entre 0 y 1). Estos se obtienen de ensayos específicos o bien de las pruebas realizadas con la medida de control. (Márquez, J. M. 2002)

1.3.9.4. Costo de la medida de control de la broca

Es el costo que representa aplicar el producto o programa definido de control por hectárea. Incluye tanto el precio del producto como el costo del equipo y los jornales utilizados por hectárea, en su aplicación. Estos costos son muy específicos para cada empresa, de manera que cada uno conoce el costo relacionado con cada acción. (Márquez, J. M. 2002).

1.3.10. Manejo integrado de broca (MIB)

El manejo integrado de la broca constituye la mejor alternativa de control. Se debe de tomar en cuenta los siguientes componentes:

1.3.10.1. Muestreo en cada grano de café

El muestreo constituye una referencia para conocer la densidad de población de la plaga y decidir si se efectúa o no una medida de control químico.

En zona baja (hasta 600 m) muestrear a los 2.5 o 3 meses después de la primera floración representativa. Para zona media (arriba de 600 m) muestrear a los 3 meses o a los tres y medio después de la floración representativa.

Para cada cafetal hasta de 5 manzanas, tomar al azar 20 sitios de muestreo cubriendo toda el área. Cada sitio está representado por cinco plantas sobre el surco: en cada planta se observan 100 frutos al azar (20 frutos/planta) y se hace el recuento del número de frutos perforados. La cantidad de frutos perforados divididos entre 20 representa directamente el porcentaje de infestación del lote. (Decazy, B. 1988).

1.3.10.2. Control cultural

Las prácticas culturales juegan un papel importante para reducir las poblaciones de broca, proporcionando un ambiente desfavorable para su desarrollo. Estas son:

- Manejo de sombra

El manejo de la sombra, a la entrada del periodo de lluvia, proporcionara mayor ventilación e iluminación dentro del cafetal, lo que afectara las poblaciones del insecto. (Decazy, B. 1988).

- Manejo de tejido productivo

Esta práctica además de mejorar la producción del cafeto, proporciona también mayor ventilación e iluminación dentro del cafetal, lo cual es adverso al comportamiento de la broca. (Decazy, B. 1988).

- Control de malezas

Un buen control de malezas facilita la cosecha y permite realizar eficientemente la recolección de frutos caídos al suelo. (Decazy, B. 1988).

1.3.10.3. Control manual

- Pepena y repela

Los frutos que quedan en la planta y los caídos al suelo, después de la cosecha, constituyen fuente de infestación para la nueva cosecha. Debe interrumpirse este ciclo recolectando todos estos frutos. Pues esto es determinante para evitar infestaciones en próximos periodos. (Decazy, B. 1988).

Los frutos brocados, verdes y maduros, provenientes de las floraciones fuera de tiempo, también deben ser recolectados y tratarse por inmersión en agua hirviendo durante cinco minutos. (Decazy, B. 1988).

- Repase

Se define como la recolección de frutos de café secos, sobre maduros y maduros de los árboles, y si es necesario del suelo, una vez hayan finalizado los períodos de cosecha principal. Es decir, el repase como práctica de control cultural de la broca del café, debe realizarse dos veces en el año.

A pesar que se ha considerado que en los árboles pueden dejarse hasta cinco frutos sin cosechar, esto se dificulta en la práctica, debido a que la eficiencia de la recolección

depende de la densidad y del arreglo espacial de los cafetales, así como de la edad del cultivo y la pendiente del lote.

El repase complementa la recolección oportuna de los frutos maduros, y ambas estrategias se denominan Re-Re. ¿Cuántos frutos pueden dejarse por árbol en el cafetal después de la cosecha?

Antes de responder esta pregunta es necesario entender el efecto que tienen los frutos infestados por broca que quedan en el suelo y su relación con la reproducción de la broca y su capacidad de volar e infestar los frutos en formación de las cosechas principales.

1.3.10.4. Control químico

La puesta en marcha de programas de manejo integrado de la broca implica recurrir a productos químicos solamente en casos necesarios, utilizando productos poco tóxicos, en dosis mínimas, una sola aplicación y en el momento preciso.

El control químico se realiza únicamente, si es necesario, en los lotes donde el porcentaje de frutos perforados (el cual se obtiene durante el muestreo) alcanza el nivel de daño económico. Este debe efectuarse en forma localizada; el criterio para considerar un sitio de muestreo como foco de infestación se determina con base al nivel de infestación de broca en la producción del cafetal, tal como se presenta en el cuadro dos. (Campos O., García A., 1997).

Cuadro 2. Control de la broca en función de la producción del cafetal y nivel de infestación.

Producción del cafetal (qq pergamino/mz.)	Nivel de infestación broca (focos de infestación).
10	5 %
20	4 %
20	3 %
Más de 40	2 %

Fuente. Campos O; García A. (1,997).

El cuadro dos relaciona la producción de café en quintales pergamino producido en una manzana de terreno con el nivel de infestación máximo que puede tener dicha área, a mayor cantidad de producción menor deberá ser el nivel de infestación.

Los productos químicos que ofrecen buenos resultados son Endosulfan 35 %, en dosis de 1.2 litros/manzana (420 g i.a./mz), y Clorpirifos, en dosis de 1.5 litros/manzana (720 g i. a./mz), haciendo una sola aplicación dirigida a los focos, 2 meses y medio o 3 y medio después de la primera floración representativa, cuando las brocas se encuentran en el canal de perforación del grano. (Campos O., García A., 1997).

1.4. Diseño completamente al azar

En la estructura de este diseño se supone que todas las unidades experimentales son homogéneas y que los tratamientos se asignan a las unidades experimentales en forma aleatoria. Por lo general los tratamientos se asignan aun igual número de unidades experimentales sin embargo no constituye una regla.

La única limitante que se tiene es que antes de asignar tratamientos, cada unidad debe de tener igual probabilidad de recibir cualquier tratamiento en estudio.

1.4.1. Ventajas del uso del diseño completamente al azar

- Flexibilidad. Se puede usar cualquier número de tratamientos y repeticiones.
- Sencillez en el análisis estadístico. El análisis es simple a pesar que se tenga diferente número de repeticiones y no se complica por la pérdida de unidades experimentales.
- Proporciona un mayor número de grados de libertad del error comparado con otros diseños.

Usos.

- Si las unidades experimentales son uniformes, es el más eficiente de los diseños.
- Es útil cuando una porción grande de unidades puede no responder o pueda perderse.

- Es útil en experimentos donde hay limitación en el número total de unidades experimentales ya que proporciona el mayor número grande de libertad para el error.

2. Marco Referencial

2.1. Área de experimentación

2.1.1. Ubicación geográfica

Según Barrios N. (2,011), las coordenadas geográficas de la finca son: 14°33'11.23" Latitud Norte y 91°31'48" Longitud Oeste, a una altura de 425 msnm.

El mapa de la ubicación geográfica de la finca se presenta en la figura uno.

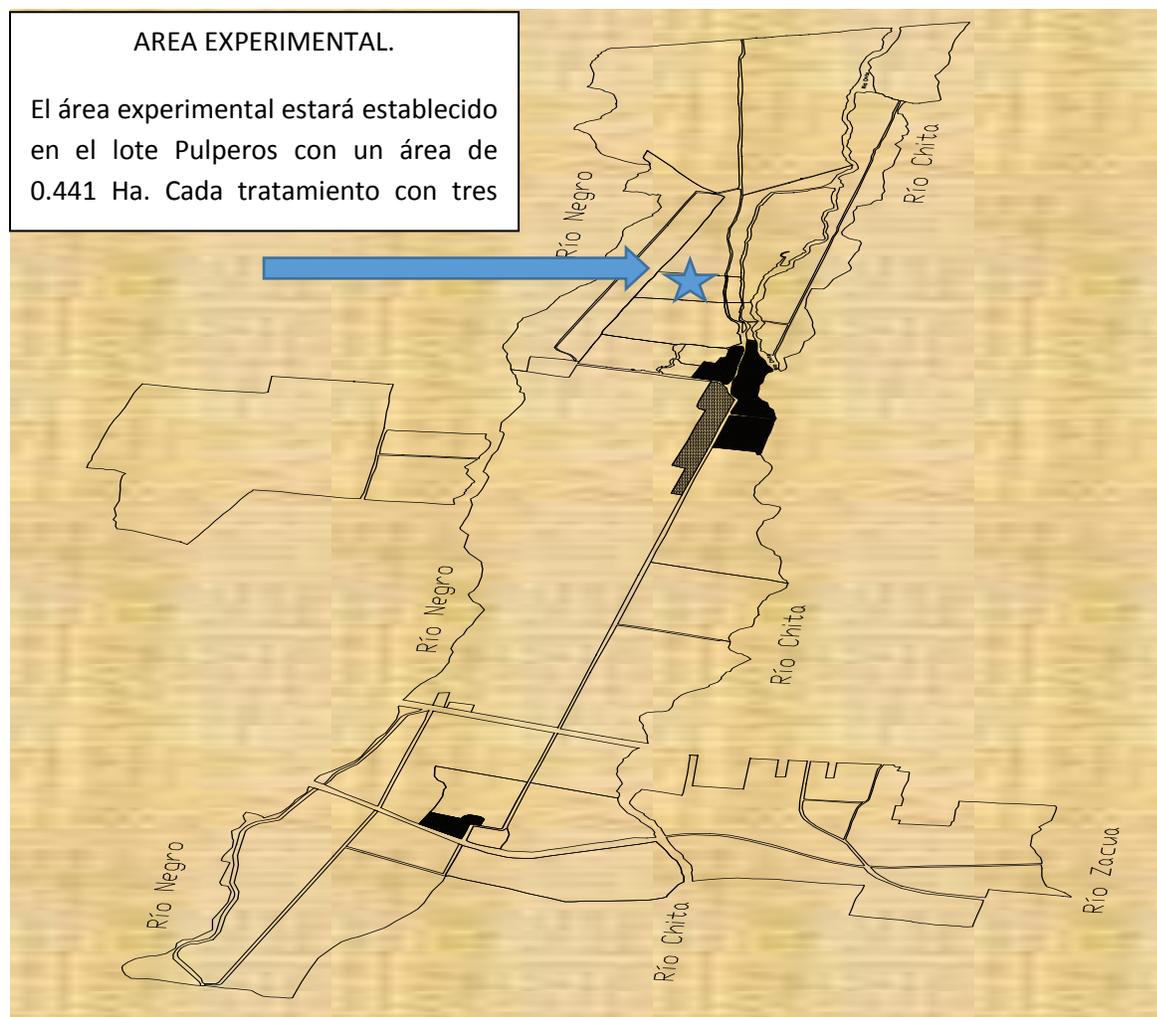


Figura 1. Mapa Finca Agrícola Chitalón, S.A.

Fuente. Barrios N, (2,011)

2.1.2. Localización y vías de acceso

Para realizar la evaluación del ensayo en campo, se llevará a cabo en la sección Pulperos, la cual se ubica al oeste del casco de finca Chitalón.

Dicha sección colinda al norte con la parcela Palmeras, al sur con el casco de la finca, al oeste con la parcela capilla y a este con la parcela la Isla.

El acceso a la finca es sobre el kilómetro 162.5 de la ruta CA-2, que conduce de Mazatenango hacia el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez, por la entrada principal de la finca, transitando por el casco de la finca.

2.2. Estudios relacionados al manejo integrado de la broca en el cultivo de café

2.2.1. Estudio de Dufour, B.

Dufour, B. (en línea, 2,013) argumenta que, en su experiencia en el manejo integrado diseñado con tres componentes, realizadas en cafetales bajo sombra con variedades de porte alto (como el café Robusta), demuestran que se logra reducir las infestaciones de broca en una proporción superior al 90% en comparación con áreas de café sin control o con poco control (en donde no se realiza fertilización, manejo de podas, control de maleza, plagas y enfermedades).

Dufour, B. (en línea, 2,013) hace mención que el control manual (repela y pepena) y etológico (trampeo) representan el 70% de la reducción de la infestación. Así como la contribución de prácticas culturales como la poda y el ordenamiento del cafetal a través de controles estrictos sobre fertilización, manejo de tejidos, y control de plagas y enfermedades pueden alcanzar el 20%.

Es importante hacer mención que Dufour, B (en línea 2,013). comenta sobre el costo de los tratamientos que conforman un M.I.B. son de bajo costo resaltando que el trampeo es el único que requiere una considerable inversión. Es necesario disponer de las cantidades de trampas adecuadas con sus respectivos difusores para asegurar un funcionamiento de cuatro meses por año. Durante este período se utilizan

aproximadamente 38 ml de atrayente por trampa, lo que corresponde al contenido de dos difusores. Trampas y difusores tienen costos que varían en función del modo de fabricación y del valor de la materia prima. Existen dos tipos de trampas: uno de fabricación industrial (BROCAP®), el otro artesanal; y dos también tipos de difusores: uno sometido a control de calidad, y el otro no.

En la investigación se explica el costo de la repela y la pepena a que corresponde la inversión: el salario del personal que se dedica a esta tarea por una duración definida de aproximadamente un mes (salario mínimo establecido por ley) es el costo único y representativo, pero se autofinancia con la venta de las cerezas residuales cosechadas.

El costo de las actividades agronómicas como poda y ordenamiento de las parcelas, forma parte de los gastos anuales del mantenimiento del cafetal presupuestadas en la planificación anual.

2.2.2. Datos importantes dentro de la investigación

- La repela estricta es la recolección o eliminación de todas las cerezas, verdes, maduras y secas, presentes sobre los cafetos después de la cosecha y la poda de los mismos.

No es necesario recoger y eliminar las cerezas caídas al suelo, práctica conocida como "pepena" o "junta", ya que con el trampeo se captura y se elimina la broca que emerge de estos frutos.

- El trampeo (trampa + atrayente) permite capturar la broca que se encuentra volando durante su fase de migración que inicia con las primeras lluvias. Las trampas se instalan a principio de marzo y se retiran a finales de junio. El número mínimo de trampas es de 18 por hectárea. Algunos países como Costa Rica, recomiendan 20 por hectárea. Las trampas se revisan cada 15 días; la broca capturada se elimina y los recipientes de captura se limpian, luego se llenan con agua hasta su límite superior de llenado. Es importante verificar que los difusores funcionen bien y que no se queden sin atrayente.

- El manejo agronómico comprende la poda de los cafetos, la regulación de la sombra y el ordenamiento del cafetal. La poda de los cafetos se realiza inmediatamente después de la cosecha, con el fin de regular la cantidad de brotes productivos y mantener así, una producción adecuada. La práctica de eliminar ramas y reducir follaje ayuda a ventilar el cafetal y facilitar la penetración de la luz solar. De esta manera, se acelera el desecamiento de las cerezas residuales caídas al suelo y por lo tanto se reduce el desarrollo de las poblaciones de broca que sobreviven en estos frutos.

2.2.3. Estudio del Centro Nacional de Investigación de Café (CENICAFE)

El Centro Nacional de Investigación de Café (Cenicafe) en Colombia ha realizado la investigación para determinar “CLAVES PARA EL ÉXITO DEL HONGO *Beauveria bassiana* COMO CONTROLADOR BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ”.

En el documento se discute sobre como el hongo llega a afectar al insecto ya que este penetra, invade y se multiplica sin necesidad de ser ingerido por el insecto y llegar a enfermarlo ya que llegan a penetrar a través de su cutícula.

“su crecimiento y desarrollo está limitado principalmente por condiciones del medio ambiente” se indica al referirse en otro párrafo que el hongo es un organismo vivo y por lo tanto, requiere de ciertas condiciones de temperatura, exposición al sol y humedad, para garantizar la sobrevivencia de sus esporas.

Según Cenicafe (2,009), se aconseja no someter a temperaturas superiores a 25 °C, ni a exposición directa de los rayos solares; también es importante almacenar las esporas en un lugar fresco y limpio y si fuera posible, refrigerarlos sin llegar a congelar y deberán ser empacados y sellados hasta el momento de su uso.

El proceso de infección se divide en tres etapas y es de gran importancia conocerlas:

- Adhesión de las esporas a la cutícula del insecto y germinación.
- Penetración de la cutícula del insecto.

Desarrollo del hongo en el interior del insecto, que generalmente termina en provocar la muerte de este.

Para facilitar el desarrollo de la utilización del hongo para el control de la Broca Cenicafe ofrece los hongos a través de marcas comerciales.

La formulación consiste en una combinación de ingredientes, de tal forma que las esporas del hongo se mantienen estables, efectivas y fáciles de aplicar. La mayoría de las formulaciones de hongos entomopatógenos se producen con materiales inertes como polvos y micro talcos, que deben ser suspendidas en agua con coadyuvantes, como aceites emulsionables.

Se hace mención que desde la llegada de la broca del café a Colombia el hongo *Beauveria bassiana* ha sido asociado con el insecto y fue reportado atacando la broca en 1990. Actualmente, se le considera el mayor controlador natural de esta plaga del café y se encuentra causando mortalidad del insecto en todos los países donde este ha llegado. El hongo hace parte de la estrategia de manejo integrado de esta plaga.

La investigación de Cenicafe ha permitido concluir que existen combinaciones o mezclas de cepas de *Beauveria bassiana* que son más efectivas para el control de la broca destacando la mezcla de la cepa Bb9205 con un porcentaje de mortalidad de la broca de 89.1 esta mezcla ya se encuentra en estado semi-comercial.

El final del informe concluye con la indicación de la aspersion del hongo en el campo:

Es fundamental asperjar la dosis de esporas que se indique en la etiqueta del producto para el caso de la cepa Bb 9205 los experimentos realizados demuestran que este causa mortalidad sobre la broca cuando se aplica una concentración de 2×10^7 esporas/por rama de cada planta de café. De esta manera, se debe preparar una solución de 2×10^{10} esporas/L de agua asperjando 50 cc por cada planta, para esto se requiere de 20 g de las formulaciones que tengan 1×10^9 esporas/g. la cantidad (en gramos) que se debe usar de la formulación dependerá entonces de la concentración de esporas que indique la etiqueta.

El siguiente paso es la mezcla adecuada de las esporas. Algunas casas comerciales aconsejan suspender el producto en agua y de ser posible agregar coadyuvantes, tipo aceites emulsivos. El agua sirve como vehículo transportador de las esporas, deberá ser limpia y con un pH cercano a 7.

Con respecto a la tecnología de aspersión, se recomienda asegurar una calibración apropiada de las maquinas aspersoras permitiendo un buen cubrimiento de esporas sobre los frutos a proteger de tal manera que se asegure que se está aplicando la concentración adecuada del hongo por litro de agua.

Con la implementación del hongo *Beauveria bassiana* se realizaron pruebas de virulencia de la broca con el objetivo de determinar la eficacia de la aplicación del hongo. Se determinó un porcentaje de control de 66.6 % de la mezcla B (Bb 9001 + Bb 9119 + Bb 9024) y 60.2 para la mezcla A (Bb 9020 + Bb 9023 + Bb 9205).

V. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro componentes (control manual, etológico, biológico y químico) del manejo integrado de la broca (*Hypothenemus hampei Ferr*) en la plantación de café Robusta (*Coffea Canephora*) en finca Chitalón, Mazatenango, Suchitepéquez.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar el efecto de los cuatro componentes (control manual, etológico, biológico y químico) del manejo integrado de la broca en el rendimiento de la cosecha de café.
- 2.2. Determinar la influencia de la temperatura sobre el comportamiento de la plaga.
- 2.3. Determinar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de infestación de la broca en el cultivo de café.

VI. HIPOTESIS

HO: Cada uno de los tratamientos evaluados tendrán el mismo efecto en el control (porcentaje) de la infestación de la broca.

HA: Al menos uno de los tratamientos evaluados causará un efecto diferente en el control (porcentaje) de la infestación.

VII. MATERIALES Y METODOS

1. Materiales

1.1. Recurso humano

- 2 jornales para la realización del control cultural (control de malezas) de cada uno de los tratamientos.
- 1 jornal para el control manual (pepena y repela).
- 1 jornal para el control manual (repase).
- Estudiante investigador.
- Administrador de la finca.

1.2. Recurso físico

- 20 frascos goteros de 125 cc.
- 1lt de alcohol Metanol.
- 1ltde alcohol Etanol.
- Colorante.
- 5 envases plásticos de gaseosas.
- Alambre de amarre.
- Lapiceros.
- Calculadora.
- Equipo de cómputo.
- Hojas de papel bond.

1.3. Recurso financiero

Para la realización de la investigación fue necesario utilizar recursos indispensables, que se resumen en el cuadro tres.

Cuadro 3. Recursos financieros para la investigación.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO (Q.)
04	Jornales	240.00
20	Frascos/goteros	50.00
1	Lb. de alambre amarre	5.00
1	Litros de Metanol	12.00
1	Litros de Etanol	12.00

En el cuadro tres se puede observar que fue necesario utilizar mano de obra para las diferentes actividades realizadas en la investigación, el uso de frascos y goteros fueron empleados para la colocación de trampas, así como el alambre de amarre para colgar las trampas en las ramas de las plantas de café. Los litros de Metanol y Etanol se utilizaron como atrayentes en las trampas colocadas en los tratamientos dentro de la unidad experimental en el campo.

2. Metodología

2.1. Muestreo

Debido a que la variable respuesta de la investigación fue el porcentaje de control de la broca donde se realizó un muestreo previo al inicio de la investigación con el objetivo de determinar en qué porcentaje se encuentra la infestación de esta plaga e iniciar con un registro estadístico.

Se realizaron tres muestreos periódicos (uno a cada mes) para determinar el avance del control de la broca en el área de la plantación de café que se tomó como unidad experimental para la investigación de campo.

El ciclo de vida de la broca se reduce en días conforme a la temperatura, para el caso de la finca Chitalón donde la temperatura oscila entre 23 a 27 grados centígrados el ciclo de vida de la plaga es de 30.6 días, con esta información conocida se procedió a realizar el muestreo mensual.

La metodología para el muestreo ha sido la siguiente:

- Se tomó al azar 20 sitios de muestreo cubriendo toda el área que tiene asignado cada tratamiento.
- Cada sitio fue representado por cinco plantas sobre el surco:
- Se obtuvo 20 frutos por cada planta, teniendo así una muestra de 100 frutos por sitio.
- Para establecer el porcentaje, seguidamente se hace el recuento del número de frutos perforados. La cantidad de frutos brocados en las 5 plantas, es igual al porcentaje de infestación por sitio. (Anacafé 2006).

2.2. Control cultural

El control cultural se divide en tres actividades distintas las cuales son: manejo de sombra, manejo de tejido productivo de la planta de café y control de malezas.

2.2.1. Manejo de sombra

Debido a que la sombra que se encuentra establecida entre los cafetales es permanente con árboles adultos (mayores a cinco años), se realizó la poda de mantenimiento.

Este tipo de poda se realiza con el fin de proyectar suficiente luz y mejorar su distribución dentro del cafetal. Anacafe (1991).

Descubriendo el centro de la copa del árbol, dejando un estrato de ramas horizontales alrededor del árbol, a una altura de 2 a 3 metros sobre el nivel superior de las plantas de Café.

2.2.2. Tipo de poda a realizar

El tipo de poda que se ha utilizado es la “poda de lote completo” consiste en efectuar el tipo de poda elegido (poda de mantenimiento) a todas las plantas de café de un lote, en forma general. ANACAFE, 1991.

En este caso se buscó eliminar brotes llamados “chupones” los cuales no son de interés para la finca debido a que no presenta mucha producción y su desarrollo es ortotrópico lo que presenta dificultad para el cortador de café al momento de realizar la cosecha.

2.2.3. Control de malezas

El método utilizado el control manual a través de la realización de la chapia con la herramienta agrícola machete, realizando esta labor una sola vez (por planificación de la finca) realizando el corte de la maleza a una altura de 10 cms por encima del suelo (metodología utilizada tradicionalmente en la finca).

Con dicha altura de corte se busca evitar la erosión (hídrica) del suelo que es provocado cuando no existe cubierta vegetal.

2.3. Control químico

- Utilizando una bomba de mochila se aplicó el insecticida.
- Buscando rociar totalmente cada planta.
- Empleando una dosis de 125 cc/bomba de 16 lts.

- El insecticida utilizado fue Endosulfán.

2.4. Control biológico

Debido a que no fue necesaria la elaboración del insecticida ya que fue donado el producto a través de una empresa productora, la aplicación se realizó similar al control químico.

Utilizando una bomba de mochila se aplicó el insecticida biológico (*Beauveria bassiana*), buscando rociar totalmente cada planta empleando una dosis de 250 cc/bomba de 16 l.

La aplicación se realizó a tempranas horas de la mañana con el objetivo de crear un ambiente favorable para la adaptación del hongo a su nuevo ambiente.

2.5. Control etológico

Utilizando envases de bebidas carbonatadas se les abrieron dos ventanas a 10 centímetros del fondo del envase.

Se le colocó un gotero de 25 cc con alcohol etílico y metílico que cumplirá la función de atrayente.

Debido a que las trampas fueron colgadas en los cafetales es necesario colocarles un alambre en la parte alta del recipiente.

Ya en el campo se llenó el envase de bebidas carbonatadas con agua y detergente.

2.6. Control manual

Los frutos que han quedado de la cosecha anterior son hospederos para la broca de café, Según Campos O., (1997) se han encontrado hasta 50 insectos por grano.

Para eliminar estos hospederos y cerrar el ciclo de control fue necesaria la recolección de estos frutos (pepena y repela), con ello se buscó reducir el porcentaje de incidencia de la broca del café al momento del pico más alto de cosecha, dicha actividad se realizó en el tratamiento en estudio del control manual solamente en dicho lote, realizado por el personal de la finca y el responsable de la investigación.

Debió recolectarse todo el fruto que se encontró tirado en el suelo eliminando la mayor cantidad de hospederos posibles para la plaga.

La cantidad de café recolectada por esta actividad fue pesada para poder comercializarse.

El tratamiento térmico que se debe de realizar a los frutos recolectados producto del control manual no se ha ejecutado debido a que en finca Chitalón el fruto es sometido a la acción de los rayos del sol en el patio de secado.

2.7. Diseño estadístico utilizado en la investigación

2.7.1. Diseño completamente al azar

Debido a que las condiciones en campo son homogéneas (sombra, edad de la planta, variedad, distanciamiento de siembra) se realizó el diseño completamente al azar, por lo que cada tratamiento evaluado tuvo las mismas probabilidades de ser asignado a las diferentes unidades experimentales.

2.7.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

En dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

(% de control de infestación).

μ = Efecto de la media general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (componentes del M.I.B).

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

(Reyes P. 1,990).

2.7.3. Tratamientos

T1= Control etológico (colocación de trampas).

T2= Control químico (aplicación de Endosulfán).

T3= Control manual (pepena y repela).

T4= Control biológico (hongo *Beauveria bassiana*)

2.7.4. Repeticiones

El número de repeticiones fue asignado según la metodología utilizada por ANACAFE, 2006, en la guía técnica de la caficultura. Siendo un total de veinte repeticiones.

2.7.5. Unidad experimental

El área total del ensayo tenía un área 0.88 ha (cinco cuerdas por tratamiento) de las cuales se evaluó una muestra de 20 sitios (repeticiones), cada sitio fue representado por cinco plantas sobre el surco, en cada planta se observó 100 frutos al azar (20 frutos/planta) de estos se hizo el recuento del número de frutos perforados. El tamaño del área fue asignado por órdenes administrativas de finca Chitalón.

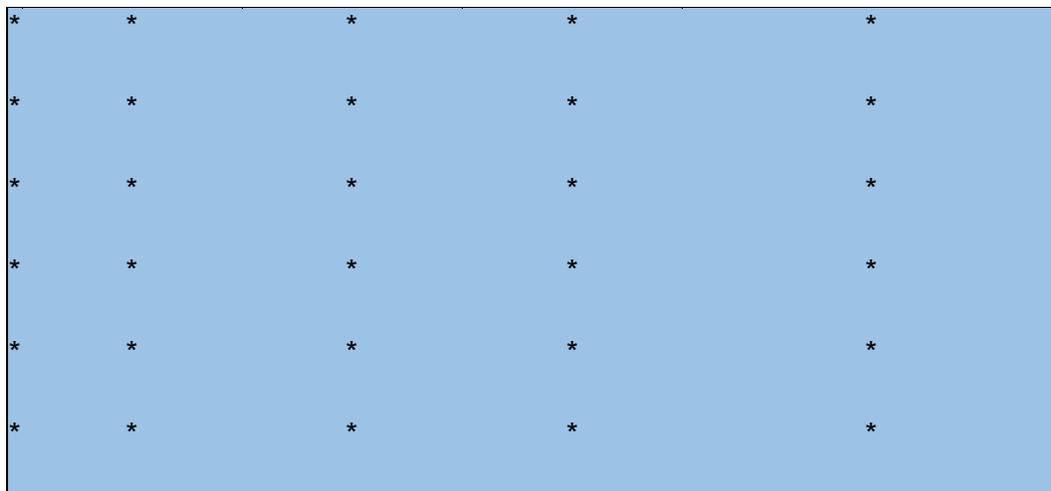


Figura 2. Croquis de campo de las unidades experimentales.

En la figura dos se representa la distribución espacial realizada en campo, el asterisco (*) representa cada planta establecida en surcos.

2.7.6. Aleatorización

La aleatorización se realizó a través del método de la tómbola en la cual cada tratamiento tendría un número y cada uno la misma posibilidad de ser escogido.

2.7.7. Variable de respuesta

- Porcentaje de infestación antes del M.I.B.
- Porcentaje de infestación al finalizar la investigación.
- Porcentaje de control de la broca del fruto del café.
- Rentabilidad de cada tratamiento.

La medición de cada uno de los porcentajes de infestación se realizó con a través de los datos obtenidos en los tres muestreos anteriormente planteados.

2.7.8. Análisis de la información

El análisis de la información se realizó a través de la recolección de datos y posteriormente se analizaron con la ayuda de gráficas para facilitar la interpretación y comprensión de los resultados.

2.7.9. Análisis de varianza

Cuando se tienen dos o más tratamientos, la interpretación más actualizada es considerarlos como problema de muestreo, en cuyo caso se utiliza la técnica de Fisher conocida como método del análisis de varianza.

El método consiste en separar, de la variación total observada, las diferentes causas o factores de variación que influyen en cualquier experimento y que afectan en distinto grado el efecto de los tratamientos. A fin de separar las diversas causas de variación, se sigue el método siguiente:

- Se separó los grados de libertad (G.L.) para cada factor o causa de variación.
- Debió calcularse la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a la media, para cada causa de variación.
- Se calculó la varianza o cuadrado medio para cada factor de variación.
- Es necesario probar hipótesis por medio de la prueba de F o relación de varianzas.

Al considerar la varianza total, las causas parciales de variación son: a. variación entre tratamientos, y b. variación dentro del grupo que recibieron el mismo tratamiento o variación atribuible al error experimental, lo anterior se resume en el cuadro cuatro.

Cuadro 4. Fórmulas para el análisis de varianza.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P(*)
TRAT	k-1	SCTRAT	$\frac{SCTRAT}{k-1} = CMTRAT$	$\frac{CMTRAT}{CMERROR}$	
ERROR	$\sum(n_i - 1)$	SCERROR	$\frac{SCERROR}{\sum(n_i - 1)} = CMERROR$		
TOTAL	$\sum n_i - 1$	SCT	$\frac{SCT}{\sum n_i - 1} = CMTOTAL$		

(*) El valor P suele ser fijado arbitrariamente en: 0,05; 0,01 ó 0,001.

Fuente. Reyes, P. (1990).

Fórmula para el cálculo de la suma de cuadrados (S.C.)

$$\text{Factor de corrección} = \frac{X^2 \dots X^n}{an} = F.C.$$

$$\text{S.C. total} = \frac{\sum X^2 - F.C.}{N}$$

$$\text{S.C. trat.} = \frac{\sum X^2 - F.C.}{N}$$

$$\text{S.C. error} = \text{S.C. total} - \text{S.C. trat.}$$

2.7.10. Cálculo del coeficiente de variación

$$C.V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

2.7.11. Análisis de costos de control de la broca

Fue necesario llevar un registro de los costos de cada uno de los tratamientos y su aplicación, evaluando sus costos al final de la investigación.

2.7.12. Manejo del ensayo de campo

- Cada unidad experimental estuvo compuesta por 0.2205 Ha.
- Se tomaron 20 muestras de cada uno de los tratamientos. (cinco por cada tratamiento).
- Se colocaron puntos de referencia del área en evaluación, con pintura en aerosol.
- El primer muestreo se realizó previo al inicio de la investigación la segunda semana de junio.
- La primera etapa de la investigación ha sido el control de la maleza en cada uno de los tratamientos.
- Posteriormente se realizó la pepena y la repela, la tercera semana de junio para recolectar el fruto que haya quedado de la cosecha anterior tanto en el suelo como en la planta.
- El fruto que fue recolectado fue entregado a la administración.
- Los muestreos de evaluación del avance de la investigación se realizaron a cada 30 días.
- Los muestreos se realizaron durante los meses de junio, julio y agosto. Previo al inicio del pico más alto de la cosecha.

2.7.13. Boleta de campo

Se manejó una libreta de campo donde se anotaron los datos obtenidos de cada muestreo.

2.7.14. Control y tabulación de datos

En una hoja electrónica, utilizando el Software Microsoft Excel, se tabularon los datos.

2.7.15. Análisis de varianza (ANDEVA)

Al final de la investigación con los resultados obtenidos, se realizó un ANDEVA (análisis de varianza), para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

2.7.15.1. Comparación de costos por la aplicación de cada uno de los tratamientos

Para ello fue necesario tomar en cuenta los frutos colectados por medio del control manual e ingresos por dicha actividad.

2.7.16. Cantidad de frutos colectados por medio del control manual

La cosecha producto de las actividades de la pepena y repela se pesó para determinar las libras de café en las parcelas con las actividades de control.

VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Determinación del efecto de los tratamientos evaluados, sobre el porcentaje de control de infestación de la broca de café

El análisis estadístico de los componentes del manejo integrado de la broca se hizo utilizando el diseño completamente al azar, ya que las condiciones que podrían provocar variabilidad en los tratamientos eran homogéneas.

Los datos en campo de los porcentajes de infestación de broca del café obtenidos por sitio en cada parcela de los tres muestreos han sido transformados por medio de la fórmula de arcoseno. Luego de realizada su transformación, fueron ingresados al ANDEVA (Análisis de varianza) para la obtención de los resultados estadísticos de la evaluación del control de infestación de la broca de café.

Dicha transformación se debió realizar con el fin de cumplir con el primer postulado de la varianza el cual requiere que las observaciones respondan a una distribución normal y no binomial, como ocurre cuando se trabaja con porcentajes. (Dughetti y Carli, 1999).

1.1. Primer muestreo de la infestación de la broca en el fruto de café

Se realizó el primer muestreo previo a la aplicación de los tratamientos con el objetivo de llevar un registro estadístico sobre la situación actual de la infestación de la broca del café. Ver cuadro 5.

Cuadro 5. Primer muestreo de infestación de broca (previo a la aplicación de los tratamientos)

REPETICION (plantas)	C. ETOLOGICO (%)	C. QUIMICO (%)	C. MANUAL (%)	C. BIOLÓGICO (%)
1	30.52	32.16	34.26	36.26
2	34.76	33.74	36.26	31.62
3	39.61	29.95	36.26	33.74
4	28.80	32.16	28.20	34.26
5	32.16	34.76	25.05	33.22
6	28.80	33.22	29.38	34.76
7	32.70	29.95	32.16	34.76
8	29.95	37.72	30.52	32.16
9	28.80	39.61	36.26	33.74
10	26.35	31.62	30.52	38.19
11	29.38	39.61	29.38	34.76
12	32.16	33.22	30.52	29.38
13	30.52	27.60	30.52	36.26
14	32.16	32.16	34.76	29.38
15	38.19	31.62	34.26	37.72
16	26.98	34.76	31.07	33.22
17	29.95	31.62	37.24	33.22
18	30.52	34.76	28.20	35.77
19	31.62	31.07	31.62	34.26
20	30.52	33.74	32.70	28.80
	Promedio 31.23	Promedio 33.26	Promedio 31.96	Promedio 33.78

En el cuadro cinco se puede observar que la parcela donde se realizó el control etológico se obtuvo un porcentaje de infestación promedio de 31.23% siendo esta la parcela con menor porcentaje de infestación, la parcela del control químico registra una infestación promedio de 33.26%; el segundo registro con menor porcentaje de

infestación lo tiene el control manual con 31.96% y finalmente se tiene un cuarto registro de infestación que le pertenece a la parcela del control biológico con un promedio de 33.78%.

El muestreo inicial es de gran importancia ya que con ello se puede llegar a determinar el porcentaje de control de cada una de las parcelas de los tratamientos evaluados, así como la identificación de que a pesar de que los tratamientos son homogéneos existe variabilidad en la incidencia de la plaga objeto de la presente investigación.

1.2. Segundo muestreo de la infestación de la broca en el cultivo de café

En el cuadro seis se puede observar el análisis de varianza del segundo muestreo.

Cuadro 6. Analisis de varianza a los resultados del segundo muestreo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Infestación	80	0,35	0,32	8,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	233,36	3	77,79	13,59	<0,0001
control	233,36	3	77,79	13,59	<0,0001
Error	434,91	76	5,72		
Total	668,27	79			

Referencia:

F.V.= Fuente de variación.

g.l.= Grados de libertad.

S.C.= Suma de cuadrados.

C.M.= Cuadrado medio.

F.C.= F calculada.

El Coeficiente de Variación (C.V.) obtenido en el análisis de varianza del segundo muestreo fue de 8.10 lo que es un indicador de haber sido manejado de buena manera la evaluación de los tratamientos en estudio.

Estadísticamente y con un nivel de significancia del 1 % se estableció que existen diferencias altamente significativas en el control de la infestación de la broca del café; sin embargo, para poder concluir estadísticamente sobre cuál o cuáles tratamientos son los mejores se realizó una prueba múltiple de medias (Tukey) la cual se presenta en el cuadro ocho.

Cuadro 7. Prueba multiple de medias del analisis de varianza del segundo muestreo.

Control	Medias	n	E.E.			
C. etológico	27.8	20	0.53	A		
C. manual	28.35	20	0.53	A	B	
C. químico	29.82	20	0.53		B	
C. biológico	32.21	20	0.53			C

Fuente. El autor, 2017.

En el cuadro siete se puede observar que en la prueba múltiple de medias para el segundo muestreo se identificaron los grupos homogéneos que se formaron para darse la separación de medias. El tratamiento 1 (Colocación de trampas) presenta diferencias estadísticas ya que se obtuvo el menor nivel de infestación de broca, con un 27.80 % presenta la letra "A", le sigue el tratamiento con control Manual (pepena y repase) con un 28.35 % como tercer puestos se encuentra el control químico con un porcentaje de infestación de 29.82 %, cada uno de los tratamientos evaluados se encuentra en diferente grupo homogéneo.

Por último, se encuentra el control biológico (*Beauveria bassiana*) con un 32.21 % siendo el tratamiento con mayor infestación e identificándose en el grupo homogéneo "C".

Para el control biológico la colocación de trampas ha dado resultados importantes en la infestación, debido a que siendo hembra puede volar y cuando la hembra alcanza su madurez sexual y ha sido fecundada busca nuevos frutos para perforarlos y depositar sus huevecillos para trasladarse de planta en planta, las trampas con el color rojo y olor de los atrayentes terminan cumpliendo con su función y las brocas quedan atrapadas en el agua con detergente destruyendo así el siguiente ciclo de vida de las siguientes generaciones de la plaga.

El control manual es un tratamiento el cual su objetivo es retirar todo aquel fruto caído que ha quedado en la planta después de la cosecha, así como los frutos brocados, verdes y maduros que provienen de las floraciones fuera de tiempo ya que estos constituyen fuentes de infestación para las nuevas cosechas, interrumpiendo su ciclo al recolectar todos estos frutos. De aquí se determina el control que ha tenido dicho tratamiento (3.61 %) ya que se ha retirado todo tipo de insecto en cualquiera de sus estados de su ciclo de vida el cual se encontraba dentro de los frutos de café colectados.

El control químico tiene la particularidad de ser eficiente cuando las brocas están en el canal de perforación del grano o cuando la hembra ha sido fecundada y está buscando otro fruto para depositar sus huevos, con un porcentaje de control de 3.44 %, este tratamiento ha sido el tercer mejor control dentro del manejo integrado de la plaga.

El control biológico realizado en la investigación fue a través del hongo *Beauveria bassiana*, este tratamiento es posible a través de la proliferación de las esporas del hongo en el cuerpo de la broca para ello se necesitan de tres etapas durante el proceso de infección de las esporas a la cutícula del insecto: la primera es la adhesión de la espora al insecto y germinación, la segunda consiste en la penetración de la cutícula del insecto y tercera el desarrollo del hongo en el interior del insecto (generalmente termina provocando la muerte de este). Debido al poco tiempo transcurrido el hongo aún se encuentra en su etapa de desarrollo por lo que aún no se logra cuantificar significativamente su control.

1.3. Tercer muestreo de la infestación de la broca en el fruto de café.

Luego de tres meses de haberse realizado la aplicación de cada uno de los tratamientos se ha llegado a realizar el último y más importante de los muestreos en el cual se obtuvieron los siguientes datos.

Cuadro 8. Análisis de varianza del tercer muestreo realizado en los cuatro tratamientos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
infestación	80	0,52	0,50	8,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	410,26	3	136,75	26,99	<0,0001
control	410,26	3	136,75	26,99	<0,0001
Error	385,14	76	5,07		
Total	795,40	79			

El coeficiente de Variación (C.V.) obtenido en el análisis de varianza del tercer muestreo fue de 8.54 % lo que indica que se ha manejado de buena manera la evaluación de los tratamientos evaluados.

Estadísticamente y con un nivel de significancia del 1 % se estableció que existen diferencias altamente significativas en el control de la infestación de la broca del café.

Sin embargo, para poder concluir estadísticamente sobre cuál o cuáles tratamientos son los mejores se debió de realizarse la prueba múltiple de medias de Tukey.

Cuadro 9. Prueba múltiple de medias del análisis de varianza del tercer muestreo

Control	Medias	n	E.E.			
C. manual	23.15	20	0.5	A		
C. etológico	25.7	20	0.5		B	
C. Biológico	27.24	20	0.5		B	
C. químico	29.36	20	0.5			C

En el cuadro 9 se puede observar que en la prueba múltiple de medias para el tercer muestreo se identificaron tres grupos homogéneos.

El control manual ha tenido el porcentaje de infestación más bajo dentro de los cuatro lotes con 23.15 % el cual pertenece el grupo homogéneo “A”, los tratamientos: control etológico a través de la colocación de trampas y el control biológico pertenecen al mismo grupo homogéneo “B” con un porcentaje de infestación de 25.70 y 27.24 % respectivamente habrá que analizar los costos de la aplicación de cada uno para determinar el más barato lo que lo lleva a ser el más recomendable.

Por último, se encuentra el control químico con 29.36 % identificándose con la letra “C”.

Esto quiere decir que según la prueba múltiple de medias realizada, la cual evalúa el porcentaje de infestación posteriormente a la investigación el tratamiento que ha reportado menos infestación ha sido el tratamiento con control manual identificándose con la letra A, posteriormente se encuentra en el grupo B con los tratamientos control etológico y control biológico siendo el etológico el que tiene menos incidencia de los dos, por lo que se puede tomar como el segundo mejor, siendo el control químico el que reporta mayor incidencia encontrándose en el grupo C.

1.4. Porcentaje de control de infestación de la broca de café

En el cuadro 10 se puede observar el porcentaje de infestación de la broca en cada uno de los tratamientos, realizado en los tres muestreos.

Cuadro 10. Porcentaje de control de cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Primer muestreo (%)	Segundo muestreo (%)	Control entre muestreo 1 y 2 (%)	Tercer muestreo (%)	Control (%)
Control Etológico	31.23	27.8	3.43	25.7	5.53
Control Químico	33.26	29.82	3.44	29.36	3.9
Control Manual	31.96	28.35	3.61	23.15	8.81
Control Biológico	33.78	32.21	1.57	27.24	6.54

En el cuadro 10 se puede observar que al momento del inicio de la investigación previo a la aplicación de los tratamientos la parcela con control etológico en el primer muestreo reportaba un porcentaje de infestación de 31.23 %, para el segundo muestreo se observa una disminución de la infestación a 27.8 % obteniendo un control final de 5.53 % esto se da debido a que la colocación de trampas es un tratamiento el cual controla al insecto volador, la broca hembra es el único sexo que posee alas con la capacidad de volar pues el macho las tiene pero están atrofiadas. Por lo que este tipo de control ataca preferentemente a la hembra deteniendo el ciclo reproductivo de la plaga.

Para el caso del control químico en el primer muestreo se identificó una infestación de 33.26 % para el segundo muestreo se observó un porcentaje de control de 3.44 % y un control final de 3.9 %, por lo que se logró identificar que el control químico tiene control los primeros 30 días después de su aplicación pero su eficiencia disminuye notablemente entre el segundo muestreo y el tercer muestreo ya que no se frena el ciclo del insecto, pues este control no ataca aquellos estadios del insecto cuando se encuentra dentro del fruto del café.

El control manual (pepena y repela) ha sido el tratamiento más eficiente ya que ha controlado la infestación un 8.81 %, en el primer muestreo se reportó una infestación de 33.78 % para finalizar con una infestación de 23.15 % la eficiencia de dicho tratamiento se debe a que este control busca eliminar aquellos frutos que se encuentren brocados, podridos, así como los que se encuentran en el suelo. Con esto no solo se eliminan los hospederos del insecto, así como aquellos estadios de la broca en los cuales necesita permanecer dentro de los frutos del café.

El control biológico a través de la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* el cual es un enemigo natural de la broca de café ha sido eficiente ya que ha reportado un control de 6.54 %, iniciando con una infestación de 33.78 %; para el segundo muestreo el hongo iniciaba con el control pues había disminuido a 32.21 % la infestación con un pequeño control del 1.57 % pero para el tercer muestreo (dos meses después del primer muestreo) la infestación ya había disminuido a 27.24 %. en el caso del control biológico

se está evaluando la eficiencia del control a través de un ser vivo el cual debe reproducirse para luego infestar al insecto y posteriormente atacarlo, todo este proceso lleva un debido tiempo el cual se observa claramente en el control en cada uno de los muestreos realizados, tal y como se puede observar en la figura 3.

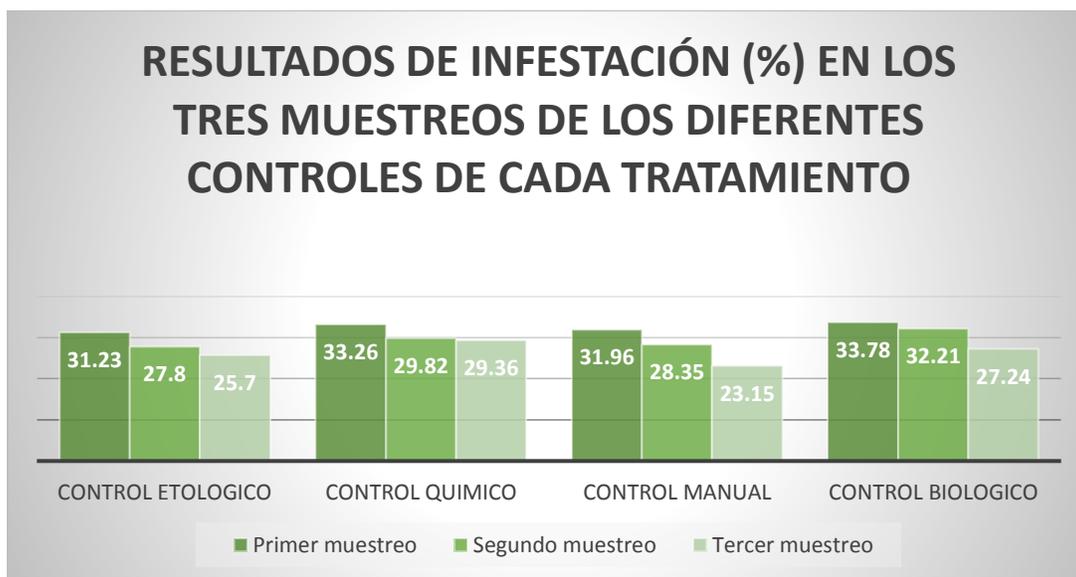


Figura 3. Resultados de la infestación en % obtenidos en los tres muestreos realizados.

En la gráfica presentada en la figura tres se observa la evolución de cada uno de los tratamientos evaluados determinando lo siguiente:

En el control etológico se observa una disminución periódica de la infestación, esto debido a que este tratamiento controla a la hembra, la cual en su etapa de reproducción busca nuevos frutos para brocarlos y depositar sus huevecillos, con el atrayente la broca cae a la trampa y es ahogada en agua con detergente. Con la eliminación de las hembras los frutos dejan de ser brocados, cuando las nuevas hembras que alcanzan su madures sexual salen en busca de frutos para brocarlos y es en este momento cuando estas son eliminadas por este control.

Debido a esto es que se observa el control periódico de este tratamiento evaluado, el control químico se realiza únicamente, si es necesario, ya que es de un costo muy

elevado, poco amigable con el medio ambiente pero con la evaluación de dicho tratamiento se determinó aspectos importantes como lo son: días de control y el porqué de dichos días, en los primeros treinta días después de la aplicación el tratamiento fue eficiente con un porcentaje de control de 3.44 %, de los 30 a los 60 días el control fue nulo controlando solamente 0.46 %. Esto se debe a que el insecticida químico para ser eficiente la broca debe de encontrarse en el canal de perforación del grano, si la broca se encuentra dentro del fruto este no llega a afectarlo, la hembra inicia su perforación en la corona del grano, abre una galería en la semilla y deposita sus huevecillos, que es donde pasa su estadio de larva y pupa cuando estos nuevos insectos están preparados para reproducirse salen del fruto reiniciando el ciclo.

El control manual ha sido el tratamiento más eficiente ya que fue constante y gradual logrando disminuir de un 31.96 % a un 23.15 %. Estos resultados se deben a que dicho tratamiento busca recolectar todo aquel fruto que sea hospedero del insecto, al momento de realizar la recolección se encuentran algunos frutos brocados con presencia del insecto por lo que el control es efectivo al retirar estos frutos.

La parcela destinada a realizar el control biológico, contribuye el tratamiento que presento resultados muy interesantes, este tratamiento en el primer muestreo solo presento un control significativo del 1.57 % esto debido a que el proceso de infección se divide en tres etapas: adhesión de las esporas a la cutícula del insecto y germinación, penetración de la cutícula del insecto y desarrollo del hongo en el interior del insecto que es generalmente donde termina con la muerte del mismo, esto se observa en el tercer muestreo con un porcentaje de control del 4.97 %.

2. Determinar la rentabilidad con presupuestos parciales del manejo integrado de la broca del café

Según el análisis estadístico, existen diferencias estadísticas altamente significativas para el tercer muestreo sobre la infestación de la broca de café, realizándose el análisis de rentabilidad del experimento, por medio de la metodología de presupuestos

parciales, tomando como referencia la comparación de medias (Tukey), para cada tratamiento.

2.1. Identificación de los rubros de costos relevantes

Los rubros están asociados al costo de la aplicación de cada uno de los tratamientos, incluyéndose jornales, compra de insumos, transporte.

2.2. Estimación de los precios de campo de los insumos

Se estimaron los precios que tiene cada uno de los insumos en campo siendo los que se presentan como contenido del cuadro 11.

Cuadro 11. Estimación de precios de campo de los insumos.

Estimación de precios de campo de los insumos.			
Rubro	Precio de mercado	Costo del traslado	Precio de campo
Control Etológico			
Mano de obra (jornal)	Q 80.00	Q -	Q 80.00
Alambre de amarre	Q 4.50	Q 0.50	Q 5.00
Alcohol Metanol	Q 14.50	Q 0.50	Q 15.00
Alcohol Etanol	Q 14.50	Q 0.50	Q 15.00
Envases plásticos	Q 0.50	Q 0.10	Q 0.60
Goteros	Q 2.00	Q 0.50	Q 2.50
Control Manual			
Mano de obra (jornal)	Q 80.00	Q -	Q 80.00
Control Químico			
Mano de obra (jornal)	Q 80.00	Q -	Q 80.00
Insecticida	Q 75.00	Q 5.12	Q 80.12
Control Biológico			
Mano de obra (jornal)	Q 80.00	Q -	Q 80.00
Compra del hongo <i>Beauveria bassiana</i>	Q 75.00	Q 11.93	Q 86.93

Cada uno de los tratamientos posee el rubro de mano de obra, pero entre cada tratamiento evaluado existen diferencias en cuanto a la cantidad de jornales que fueron necesarios para realizar la ejecución de cada método de control.

2.3. Estimación de los costos que varían

La estimación de los costos que varían se realizó para una hectárea de café, utilizando los precios de campo de los insumos necesarios y se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Estimación de los costos que varían.

Rubro	Cantidad	Costo unitario	Total de costos que varían
Control Etológico			
Mano de obra (jornal)	1	Q 80.00	Q 80.00
Alambre de amarre	1	Q 5.00	Q 5.00
Alcohol Metanol	1	Q 15.00	Q 15.00
Alcohol Etanol	1	Q 15.00	Q 15.00
Envases plásticos	20	Q 0.60	Q 12.00
Goteros	20	Q 2.50	Q 50.00
Total			Q 177.00
Control Manual			
Mano de obra (jornal)	2.36	Q 80.00	Q 188.80
Total			Q 188.80
Control Químico			
Mano de obra (jornal)	2	Q 80.00	Q 160.00
Insecticida	3.3	Q 80.12	Q 264.40
Total			Q 424.40
Control Biológico			
Mano de obra (jornal)	2	Q 80.00	Q 160.00
Insecticida conteniendo el hongo <i>Beauveria bassiana</i>	4	Q 86.93	Q. 347.72
Total			Q. 507.72

2.4. Estimación de los rendimientos ajustados

Se realizó un ajuste a los rendimientos del 15%, para poder acercarse a los obtenibles por los caficultores, ya que los rendimientos experimentales se ven influidos por varios factores como temperatura, precipitación, humedad, etc. Que los hacen ser mayores a los obtenidos por los productores del cultivo del café en plantaciones comerciales

establecidas en campo definitivo. Los rendimientos ajustados se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Ajuste de rendimientos de café por hectáreas en finca Chitalón.

Tratamiento	Rendimiento corregido (Quintales/ha)	Rendimiento ajustado (Quintales/ha)
Control Etológico	27.19	23.11
Control Manual	36.50	31.03
Control Químico	28.60	24.31
Control Biológico	40.00	34.00

2.5. Estimación de los beneficios netos de campo

Los beneficios netos se obtuvieron de la diferencia entre los beneficios brutos de campo y los costos que varían, siendo los que se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Estimación de beneficios netos.

Tratamiento	Rendimiento ajustado	Precio de campo (quintal, Q.)	Beneficio bruto (Q.)	Costos que varían (Q.)	Beneficio neto (Q.)
Control Etológico	23.11	120.00	2,773.38	177.00	2,596.38
Control Manual	31.03	120.00	3,723.00	188.80	3,534.20
Control Químico	24.31	120.00	2,917.20	424.40	2,492.80
Control Biológico	34.00	120.00	4,080.00	507.72	3,572.28

Los beneficios brutos se determinaron multiplicando el rendimiento ajustado, por el precio de campo del producto (Q. 120.00 el quintal de café en uva).

2.6. Análisis de dominancia

Se dice que un tratamiento es dominado cuando como resultado de un incremento en los costos, su empleo no conduce a un incremento en los beneficios netos. Es dominado porque al menos existe un tratamiento de menor o igual costo que genera mayores beneficios. El análisis de dominancia realizado se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de dominancia

Sistema de producción	Costos que varían	Beneficio neto	Dominancia
Control Etológico	Q 177.00	Q 2,596.38	No dominado
Control Manual	Q 188.80	Q 3,534.20	No dominado
Control Químico	Q 424.40	Q 2,492.80	Dominado
Control Biológico	Q 507.72	Q 3,572.28	No dominado

En el cuadro 15 podemos observar que según el análisis los tratamientos con control etológico, manual y biológico son no dominados por lo que se tendrá que determinar que tratamiento es el más rentable.

TAMIR 40%

2.7. Cálculo de la tasa marginal de retorno

Con los tratamientos no dominados, organizados de menor a mayor de acuerdo con sus costos que varían, se obtienen los incrementos de costos y beneficios netos que resultan al cambiar de tratamiento. Luego, al dividir el incremento de beneficios por su respectivo incremento de costos, así se obtiene la tasa marginal de retorno. Los resultados obtenidos fueron calculados utilizando la siguiente fórmula:

La fórmula de la TRM es:

$$TRM = (\Delta BN / \Delta CV) * 100.$$

La TRM indica el porcentaje de retorno en términos de ganancias que se obtiene por cada unidad monetaria en que se incrementen los costos como resultado de cambiar de un tratamiento al otro. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Cálculo de la tasa de retorno marginal.

Tratamiento	Costos que varían		Beneficio neto	Δ C.V.	Δ B.N.	TRM
Control Etológico	Q	177.00	Q 2,596.38			
Control Manual	Q	188.80	Q 3,534.20	Q 11.80	Q 937.82	7948%
Control Biológico	Q	507.72	Q 3,572.28	Q 318.92	Q 38.08	12%

TMR>TAMIR

En el cuadro 16 se puede apreciar que el tratamiento con el control manual es el que posee mayor TRM con 7948 % seguido del control biológico con un 12 % observándose que el control manual es sumamente mayor su tasa marginal de retorno.

2.8. Análisis de residuo.

Se conoce como residuos, al remanente que queda del beneficio neto después de sustraer el costo de oportunidad del capital de trabajo empleado para financiar las prácticas evaluadas en el experimento.

Los residuos son un análisis que se hace para corroborar los hallazgos realizados con la TRM y la TAMIR. Como regla general, el tratamiento más rentable identificado con la TRM y la TAMIR, acusa los mayores residuos.

La fórmula de los residuos es, $RES_i = BN_i - [(TAMIR/100) * CV_i]$

En donde:

RES_i es el residuo del i-ésimo tratamiento.

Las otras variables ya fueron descritas anteriormente. Los resultados obtenidos del análisis de residuo se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de residuo

Tratamiento	Costos que varían	Beneficio neto	Costo Oportunidad de los C.V.	Residuo
Control Etológico	Q 177.00	Q 2,596.38	Q 70.80	Q 2,525.58
Control Manual	Q 188.80	Q 3,534.20	Q 75.52	Q 3,458.68
Control Químico	Q 424.40	Q 2,492.80	Q 169.76	Q 2,323.05
Control Biológico	Q 507.72	Q 3,572.28	Q 203.09	Q 3,369.19

3. Análisis del porcentaje de control y rendimiento para cada uno de los tratamientos

En el cuadro 18 se observa el porcentaje de control y el rendimiento obtenidos de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 18. Porcentaje de control de cada tratamiento

Tratamientos	Control (%)	Rendimientos (quintales/ha)
Control etológico	5.53	27.19
Control químico	3.9	28.6
Control manual	8.81	36.5
Control biológico	6.54	40

El control etológico es el tratamiento que presentó el porcentaje de control de un 5.53, siendo el tercer lugar en el control obtenido de los cuatro tratamientos evaluados, su rendimiento fue de 27.10 quintales/ha, este fue el rendimiento más bajo dentro de los cuatro tratamientos evaluados.

El costo de este tratamiento asciende a Q.437.00 por hectárea, cabe mencionar que este fue el segundo tratamiento más caro dentro de la investigación.

El control químico fue el tratamiento que menos control reportó ya que solamente disminuyó la infestación 3.9 por ciento, en rendimiento el control químico no fue nada satisfactorio ya que solamente se cosecharon 28.60 quintales/ha y el costo de aplicación asciende a Q.424.40/ha por lo que este tratamiento es poco eficiente debido a esto los rendimientos fueron bajos y su aplicación es cara por lo que es poco recomendable.

El control manual presenta el porcentaje de control más alto dentro de la investigación con 8.81 ya que en este tratamiento se eliminó la mayor cantidad de hospederos.

El rendimiento del control manual fue uno de los mejores con una producción de 36.50 quintales/ha, los costos de la aplicación de este tratamiento ha sido el más económico con Q.188.85/hectárea.

El control biológico presenta un porcentaje de 6.54 siendo uno de los tratamientos con mayor control, el rendimiento ha sido el mejor con 40.00 quintales/ha por arriba de los tres tratamientos restantes pero su costo ha sido el más caro con Q.507.75/ha.

IX. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que mayor control reportó fue el manual realizado a través de la pepena y repela ya que presentó un porcentaje de control final de 8.81 %, esto se debe a que se eliminó la mayor cantidad de hospederos disponibles para la broca, debido a que dentro de los cuatro estadios del insecto solo la hembra adulta puede volar, sumado a esto que la hembra fecundada coloca sus huevos dentro de granos de café, al eliminar estos frutos brocados se está eliminando dichos hospederos y en gran medida se interrumpe el ciclo completo del insecto.
2. El tratamiento biológico presenta el segundo mayor control con 6.54 % siendo eficiente dos meses después de la aplicación debido a que el hongo *Beauveria bassiana* necesita de tiempo para realizar su reproducción y posteriormente realizar el ataque a la broca en el fruto de café.
3. El control biológico fue el tratamiento evaluado que presentó el mayor rendimiento, 40 quintales/ha de café en uva en el manejo integrado de la broca objeto de la presente investigación.
4. El control etológico ha tenido un control del 5.53 %, este control está enfocado en la hembra debido que es la única con la capacidad de volar, al eliminar a la hembra se interrumpe el ciclo de reproducción del insecto.
5. El control etológico tiene la desventaja de que cuando llueve las trampas se llenan de agua perdiendo su eficiencia.
6. El control manual es otro de los tratamientos que ha presentado un rendimiento alto (36.5 quintales/ha) debido a que con las actividades de repela y pepena se eliminan los hospederos de la plaga que es donde inicia el ciclo biológico del insecto.

7. La aplicación de insecticida químico solo logra controlar una generación de broca ya que finca Chitalon se encuentra en un rango de temperatura entre 23 – 27 °C, el insecto sube su velocidad de reproducción conforme aumenta la temperatura, en un rango entre 25.2 a 28 °C la broca alcanza su madurez sexual entre los 28.0 a 30.6 debido a esto la aplicación química no es eficiente.

8. Producto del análisis de rentabilidad se determinó que el tratamiento más rentable es el control manual ya que su tasa de retorno marginal es la mayor en comparación con los otros tratamientos evaluados.

9. Control biológico ha sido el segundo tratamiento evaluado con mayor rentabilidad demostrando que puede ser una opción viable para su aplicación en finca Chitalon.

X. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el control manual ya que ha sido el tratamiento que más ha disminuido el porcentaje de infestación, el de mayor rentabilidad y el segundo en obtener mayor rendimiento de campo, 36.5 quintales/ha.
2. Implementar el control biológico si se desea cultivar café orgánico ya que este es una opción viable al obtener el segundo con mayor porcentaje de control y con mayor rendimiento, 40 quintales por hectárea, el más alto de la presente investigación.
3. Relacionar la temperatura existente en el área experimental ya que esta es de gran importancia para determinar el tiempo de desarrollo de la broca como insecto plaga.
4. Realizar los muestreos para la evaluación de la eficiencia de tratamientos con un mínimo de cinco meses ya que con esto se puede determinar con mayor detalle los días de control, en el tratamiento del control biológico se necesita de un lapso de desarrollo del hongo para iniciar con el control.
5. De ser posible realizar los tres de los cuatro componentes (etológico, biológico y manual) del manejo integrado de la broca ya que esto daría un mejor control para el insecto en estudio.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANACAFE. 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. Gt. 214 p.
2. ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE) 1991. Manual de Caficultura. Segunda Edición. Subgerencia de Asuntos Agrícolas. Guatemala, C.A. p. 169.
3. Anzueto, F.; Peña, H.; & Jiménez, H. 1998. Influencia de las Variedades en la Calidad de Taza. Revista Agricultura, Año 1 No. 3, Guatemala, pp: 19-25.
4. Barrios, N (2011). Situación actual de la finca agrícola Chitalón S.A. Diagnostico Ejercicio profesional supervisado. Carrera de agronomía tropical. USAC.CUNSUROC. Mazatenango, Suchitepéquez. Gt. 67 p.
5. Cifuentes, J (2011). Evaluación de tres prácticas de control manual de *Hypothenemus hampei* Ferr. Scolytidae “Broca del fruto del café”, en la comunidad Palmera Xolwitz, El Palmar, Quetzaltenango. Trabajo de Graduación.
6. USAC. CUNSUROC. Mazatenango, Suchitepéquez. Gt.72 p.
7. Campos O., García A., 1997. Control Biológico de la Broca del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr). Aplicación de Manejo Comercial en Finca. Manual ANACAFE, Guatemala 22 p.
8. DECAZY; B: 1987. Descripción, ecología y Control de las Principales Plagas del Cafeto. En Memoria II Curso Regional sobre Manejo Integrado de Plagas del Cafeto con Énfasis en Broca del fruto (*Hypothenemus hampei*, Ferr). 1986. IICA-PROMECAFE: IHCAFE; Honduras. P. 211-218.

9. DECAZY; B: 1988. Manual integrado de la Broca del Fruto del Cafeto (*Hypothenemus hampei*. Ferr). En Memoria Simposio Avances Científicos y Tecnológicos en Caficultura. ANACAFE. P. 65-88.
10. Dufour B. P., 2007 (condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café) (En línea). Londrina, Paraná, Brasil. Consultado el 17 de abril de 2016. Disponible en: [www.google.com/manejo integrado de las broca/tres componentes](http://www.google.com/manejo%20integrado%20de%20las%20broca/tres%20componentes).
11. Dughetti, A.C.; Carli, D.L. de. 1999. Utilización de distintos insecticidas y formulaciones en el control de *Delia* sp. En cebolla. Estación experimental agropecuaria INTA. (En línea) Ar. Consultado en febrero 2011. Disponible en: www.inta.gov.ar/ascasubi/info.
12. ICAFE (instituto del café de Costa Rica). 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 1ªed. Heredia, Costa Rica: ICAFE-CICAFE, Unidad de Producción Agrícola. 195 p. (pp. 167 ciclo biológico del insecto depende directamente de la temperatura).
13. León, J. 1962. Especies y cultivares de Café IICA – Materiales de Enseñanza de café y Cacao, No. 23, Turrialba, Costa Rica.
14. León, J. y Fournier, L. 1962. Crecimiento y Desarrollo del Fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12 (1): 65-74.
15. MÁRQUEZ, J. M. 2002. Metodología del muestreo de daño y pérdidas ocasionadas por rata en caña de azúcar. En: Memoria del XIV Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA) Guatemala, ATAGUA. pp 68- 7.

XII. ANEXOS



Figura 4. Aplicación del control biológico en la parcela experimental



Figura 5. Colocación y llenado de trampas



Figura 6. Producto químico para evaluación de tratamiento



Figura 7. Frutos producto de floraciones fuera de época



Figura 8. Preparación de control biológico para evaluar su efectividad.