

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE ETHIPROLE EN COMBINACIÓN CON  
IMIDACLOPRID PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*  
Ferr.), EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS  
REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONÓMICO DE BAYER  
S.A., GUATEMALA, C.A.

CHRISTIAN RAFAEL HERNÁNDEZ CARCAMO

GUATEMALA, JULIO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE ETHIPROLE EN COMBINACIÓN CON  
IMIDACLOPRID PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*  
Ferr.), EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS  
REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONÓMICO DE BAYER  
S.A., GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONARABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

CHRISTIAN RAFAEL HERNÁNDEZ CARCAMO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO  
DE LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. M.Sc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

|               |                                           |
|---------------|-------------------------------------------|
| DECANO        | Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López     |
| VOCAL PRIMERO | Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara          |
| VOCAL SEGUNDO | Dr. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez       |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid |
| VOCAL CUARTO  | P. Agr. Marlon Estuardo González Alvarez  |
| VOCAL QUINTO  | P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec        |
| SECRETARIO    | Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón      |

GUATEMALA, JULIO DE 2019



Guatemala, julio de 2019

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: **EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE ETHIPROLE EN COMBINACIÓN CON IMIDACLOPRID PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferr.), EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONÓMICO DE BAYER S.A., GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

CHRISTIAN RAFAEL HERNÁNDEZ CARCAMO





## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS:**

Por ser nuestro creador, sin el amor y voluntad de él nada de esto hubiese sido posible. Gracias por las bendiciones recibidas y permitirme culminar esta meta.

### **A MIS PADRES:**

Rafael Hernández Quiñonez y Claudia Griselda Carcamo García, que han sido y serán pilares en mi vida; que siempre han estado para darme su ejemplo, ayuda y amor incondicional en todo momento. Papá, mamá; muchísimas gracias, lo logramos.

### **MIS HERMANOS:**

Claudia María Hernández Carcamo y Jossé Rodrigo Hernández Carcamo quienes llenan de alegría mi vida, muchas gracias por todo su ayuda, comprensión y cariño. Los quiero hermanos.

### **A MIS SOBRINAS Y CUÑADO:**

María Daniela, Fátima Guadalupe, María Fernanda, María Alejandra y Hans Santizo, por quererme de manera incondicional en todo momento.

### **A MIS ABUELOS:**

Griselda García Argueta y Juan José Carcamo (Q.E.P.D) abuelos maternos, y a Rafael Hernández (Q.E.P.D) y Petronila Quiñonez abuelos paternos, quienes hubiesen deseado estar acá presentes, les agradezco todo su cariño.

### **A MI NOVIA:**

Kristel Ivanna Cruz Padilla gracias por el amor y el apoyo que me diste durante mi vida estudiantil, me animaste a seguir adelante aún en momentos difíciles, este logro también es tuyo; muchas gracias.

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

A:

Dios, porque me ha cuidado y dado muchas bendiciones a lo largo de mi vida.

Guatemala, lindo país que me vio nacer; en donde he crecido y aprendido de su agricultura.

Universidad de San Carlos de Guatemala, casa de estudio que me ha dado la oportunidad de ser profesional.

Facultad de Agronomía, alma mater que me brindo los conocimientos para forjar mi futuro como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por ser tan bueno conmigo y mi familia.

A mi familia por su amor y el apoyo incondicional durante mi proceso estudiantil.

Al Ing. Agr. Álvaro Hernández por sus consejos para la elaboración de la investigación.

Al Ing. Agr. Ernesto Yac por su supervisión y apoyo brindado durante el EPS.

Al Ing. Agr. Rolando Barrios por su ayuda para revisión y edición de este documento.

A Bayer S.A. por darme la oportunidad de iniciarme laboralmente.

Al Ing. Agr. Carlos Aman Leal por su apoyo y amistad durante y después del EPS, de igual manera agradezco a su familia por la ayuda brindada.

Al Ing. Agr. Josué Hidalgo por sus consejos y darme la oportunidad de formar parte del departamento de Desarrollo Agronómico de Bayer S.A.

A mis amigos: Manuel Ixcot, Daniel Jocop, María Salazar, Dulce Barillas, Javier Ruiz, Jorge Zumeta, Carlos Roquel gracias por su sincera amistad y buenos momentos compartidos durante nuestra carrera.

A mis compañeros de EPS: Adeldo Montejó y Víctor Cazali por los buenos momentos compartidos durante el EPS.

Al personal de la Finca Capetillo por el apoyo brindado durante la investigación.



## ÍNDICE GENERAL

| Contenido                                                  | Página |
|------------------------------------------------------------|--------|
| 1. CAPÍTULO I.....                                         | 1      |
| 1.1 PRESENTACIÓN .....                                     | 3      |
| 1.2 MARCO REFERENCIAL .....                                | 5      |
| 1.2.1 Ubicación geográfica .....                           | 5      |
| 1.2.2 Ecología.....                                        | 5      |
| 1.3 OBJETIVOS .....                                        | 6      |
| 1.3.1 Objetivo General.....                                | 6      |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                           | 6      |
| 1.4 METODOLOGÍA.....                                       | 7      |
| 1.4.1 Recorrido por la finca.....                          | 7      |
| 1.4.2 Entrevista al personal de campo.....                 | 7      |
| 1.4.3 Matriz de priorización de problemas .....            | 7      |
| 1.5 RESULTADOS .....                                       | 8      |
| 1.5.1 Variedades de café cultivadas .....                  | 8      |
| 1.5.2 Priorización de las principales plagas.....          | 9      |
| 1.5.3 Priorización de las principales enfermedades.....    | 10     |
| 1.5.4 Métodos de control .....                             | 11     |
| 1.5.5 Comercialización del café .....                      | 11     |
| 1.6 CONCLUSIONES.....                                      | 13     |
| 1.7 RECOMENDACIONES .....                                  | 13     |
| 1.8 BIBLIOGRAFÍA.....                                      | 14     |
| 2. CAPÍTULO II.....                                        | 15     |
| 2.1 PRESENTACIÓN .....                                     | 17     |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL.....                                  | 19     |
| 2.2.1 Marco Teórico.....                                   | 19     |
| 2.2.1.1 Taxonomía de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.....  | 19     |
| 2.2.1.2 Características de la broca del café.....          | 19     |
| 2.2.1.3 Daño y ecología de la broca del café.....          | 20     |
| 2.2.1.4 Fluctuación poblacional de la broca del café ..... | 21     |

|                                                                                 | <b>Página</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.2.1.5 Relación del ataque de broca y la edad de los frutos .....              | 21            |
| 2.2.1.6 Efecto de la broca sobre la producción de café.....                     | 22            |
| A. Umbrales de daño económico por ataque de broca.....                          | 23            |
| 2.2.1.7 Ethiprole combinado con Imidacloprid.....                               | 23            |
| 2.2.1.8 Tasa marginal de retorno .....                                          | 23            |
| 2.2.2 Marco Referencial .....                                                   | 24            |
| 2.2.2.1 Ubicación geográfica.....                                               | 24            |
| 2.2.2.2 Ecología .....                                                          | 25            |
| 2.3 OBJETIVOS .....                                                             | 26            |
| 2.3.1 Objetivo General.....                                                     | 26            |
| 2.3.2 Objetivos Específicos .....                                               | 26            |
| 2.4 HIPÓTESIS .....                                                             | 26            |
| 2.5 METODOLOGÍA .....                                                           | 27            |
| 2.5.1 Materiales.....                                                           | 27            |
| 2.5.1.1 Características botánicas de la variedad Paché.....                     | 27            |
| 2.5.1.2 Ethiprole más Imidacloprid y su modo de acción .....                    | 28            |
| 2.5.2 Métodos.....                                                              | 28            |
| 2.5.2.1 Descripción de los tratamientos .....                                   | 28            |
| 2.5.2.2 Variables de respuesta.....                                             | 30            |
| 2.5.2.3 Diseño experimental.....                                                | 32            |
| 2.5.2.4 Unidad experimental o parcela.....                                      | 32            |
| 2.5.2.5 Establecimiento de la investigación.....                                | 33            |
| 2.5.2.6 Aplicación de los tratamientos en las unidades experimentales.....      | 34            |
| 2.5.2.7 Obtención de datos .....                                                | 35            |
| 2.5.2.8 Análisis estadístico de la información obtenida .....                   | 36            |
| 2.6 RESULTADOS.....                                                             | 38            |
| 2.6.1 Eficacia de los tratamientos.....                                         | 38            |
| 2.6.1.1 Resultados del porcentaje de grano brocado .....                        | 38            |
| 2.6.1.2 Resultados del conteo de huevos, larvas y adultos.....                  | 40            |
| 2.6.1.2.1 Análisis de la varianza para conteo de huevos, larvas y adultos ..... | 41            |
| 2.6.1.2.2 Prueba de Tukey.....                                                  | 43            |
| 2.6.1.3 Resultados Eficacia Abbott.....                                         | 44            |

|                                                                                     | <b>Página</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.6.1.4 Resultados de porcentaje de grano vano .....                                | 45            |
| 2.6.1.5 Resultados de la fitotoxicidad sobre el cultivo de café.....                | 46            |
| 2.6.2 Rentabilidad de los tratamientos.....                                         | 47            |
| 2.6.2.1 Resultados para la tasa marginal de retorno .....                           | 47            |
| 2.7 CONCLUSIONES .....                                                              | 50            |
| 2.8 RECOMENDACIONES .....                                                           | 50            |
| 2.9 BIBLIOGRAFÍA.....                                                               | 51            |
| 2.10 ANEXOS .....                                                                   | 53            |
| 3. CAPÍTULO III .....                                                               | 55            |
| 3.1 PRESENTACIÓN .....                                                              | 57            |
| 3.2 Servicio 1:.....                                                                | 58            |
| 3.2.1 OBJETIVOS.....                                                                | 58            |
| 3.2.1.1 Objetivo General .....                                                      | 58            |
| 3.2.1.2 Objetivos Específicos.....                                                  | 58            |
| 3.2.2 METODOLOGÍA .....                                                             | 59            |
| 3.2.2.1 Croquis de campo.....                                                       | 59            |
| 3.2.2.2 Tratamientos utilizados .....                                               | 59            |
| 3.2.2.3 Aplicación de los tratamientos y unidades experimentales .....              | 60            |
| 3.2.2.4 Muestreo sistemático .....                                                  | 61            |
| 3.2.2.5 Análisis estadístico .....                                                  | 62            |
| 3.2.3 RESULTADOS.....                                                               | 63            |
| 3.2.3.1 Porcentaje de cobertura de <i>Cyperus spp.</i> .....                        | 63            |
| 3.2.3.2 Área bajo la curva del porcentaje de cobertura de <i>Cyperus spp.</i> ..... | 65            |
| 3.2.3.3 Eficacia Abbott .....                                                       | 65            |
| 3.2.3.4 Fitotoxicidad sobre el cultivo de caña de azúcar.....                       | 66            |
| 3.2.4 CONCLUSIONES .....                                                            | 67            |
| 3.2.5 EVALUACIÓN .....                                                              | 67            |
| 3.2.7 ANEXOS .....                                                                  | 69            |
| 3.3 Servicio 2:.....                                                                | 70            |
| 3.3.1 OBJETIVOS.....                                                                | 70            |
| 3.3.1.1 Objetivo General.....                                                       | 70            |
| 3.3.2 METODOLOGÍA .....                                                             | 70            |

|                                                  | <b>Página</b> |
|--------------------------------------------------|---------------|
| 3.3.2.1 Colecta de muestras vegetales .....      | 70            |
| 3.3.2.2 Observación y montaje microscópico ..... | 71            |
| 3.3.2.3 Identificación del género de ácaro.....  | 72            |
| 3.3.3 RESULTADOS .....                           | 72            |
| 3.3.4 CONCLUSIONES.....                          | 73            |
| 3.3.5 EVALUACIÓN .....                           | 73            |
| 3.3.6 BIBLIOGRAFÍA .....                         | 74            |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                            | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Mapa general de finca Capetillo .....                                                                                            | 5      |
| Figura 2. Variedades de café cultivadas en Finca Capetillo .....                                                                           | 8      |
| Figura 3. Adulto de <i>Hypothenemus hampei</i> perforando grano de café .....                                                              | 9      |
| Figura 4. a. Síntomas de roya en el haz de hojas. b. Hoja de café con<br>pústulas de roya unidas. c. Defoliación ocasionada por roya ..... | 10     |
| Figura 5. Comercialización del café en Finca Capetillo .....                                                                               | 12     |
| Figura 6. Ciclo de vida de broca de café ( <i>Hypothenemus hampei</i> ) .....                                                              | 20     |
| Figura 7. Dinámica poblacional de la broca del café .....                                                                                  | 21     |
| Figura 8. Peso seco y desarrollo del fruto del café. ....                                                                                  | 22     |
| Figura 9. <i>Coffea arabica</i> variedad Paché. ....                                                                                       | 27     |
| Figura 10. Distribución de estratos según altura y bandolas en las plantas de café... ..                                                   | 34     |
| Figura 11. Aplicación de los tratamientos a las plantas de café .....                                                                      | 35     |
| Figura 12. Porcentaje de grano brocado por <i>Hypothenemus hampei</i> .....                                                                | 38     |
| Figura 13. Daño ocasionado por <i>Hypothenemus hampei</i> ,<br>mostrando adulto y galerías. ....                                           | 40     |
| Figura 14. Conteo de adultos, huevos y larvas en granos brocados. ....                                                                     | 41     |
| Figura 15. Resultados de la eficacia Abbott para huevo, larva y adulto .....                                                               | 44     |
| Figura 16. Resultados de la prueba porcentaje de grano vano .....                                                                          | 45     |
| Figura 17. Fitotoxicidad sobre las plantas de café. ....                                                                                   | 46     |
| Figura 18A. Huevos de <i>Hypothenemus hampei</i> en grano brocado .....                                                                    | 53     |
| Figura 19A. Larva de <i>Hypothenemus hampei</i> en grano brocado .....                                                                     | 53     |
| Figura 20A. Prueba de flotación de grano .....                                                                                             | 53     |
| Figura 21. Aplicación de los tratamientos dirigidos a la mesa. ....                                                                        | 61     |
| Figura 22. Dinámica de la cobertura de <i>Cyperus spp</i> .....                                                                            | 63     |
| Figura 23. Área bajo la curva del porcentaje de cobertura de <i>Cyperus spp</i> . ....                                                     | 65     |
| Figura 24. Eficacia Abbott de los tratamientos sobre <i>Cyperus sp</i> . ....                                                              | 65     |
| Figura 25. Fitotoxicidad de los tratamientos sobre la caña de azúcar. ....                                                                 | 66     |
| Figura 26A. Efecto post-emergente de Skol 60 WG a 250 g/ha a los                                                                           |        |

|                                                                             | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| 22 DAA vs. Testigo absoluto. ....                                           | 69     |
| Figura 27. Daño ocasionado por colonias de ácaro en hoja de plátano. ....   | 70     |
| Figura 28. Observación de adultos y huevecillos de ácaro, aumento 60X. .... | 71     |
| Figura 29. Hembra de <i>Tetranychus</i> observada a 100X. ....              | 72     |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                          | <b>Página</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Cuadro 1. Priorización de las principales plagas de café en finca Capetillo .....        | 9             |
| Cuadro 2. Priorización de las principales enfermedades de café en finca Capetillo. ....  | 10            |
| Cuadro 3. Métodos de control utilizados en finca Capetillo. ....                         | 11            |
| Cuadro 4. Tratamientos utilizados para la investigación de Broca del café .....          | 29            |
| Cuadro 5. Escala de fitotoxicidad .....                                                  | 31            |
| Cuadro 6. Croquis de campo .....                                                         | 33            |
| Cuadro 7. Descripción de los muestreos durante la investigación .....                    | 36            |
| Cuadro 8. ANDEVA para cantidad de huevos de <i>H. hampei</i> en grano brocado .....      | 42            |
| Cuadro 9. ANDEVA para cantidad de larvas de <i>H. hampei</i> en grano brocado .....      | 42            |
| Cuadro 10. ANDEVA para cantidad de adultos de <i>H. hampei</i> en grano brocado.....     | 42            |
| Cuadro 11. Tukey para cantidad de huevos de <i>H. hampei</i> por grano de café .....     | 43            |
| Cuadro 12. Tukey para cantidad de larvas de <i>H. hampei</i> por grano de café .....     | 43            |
| Cuadro 13. Tukey para cantidad de adultos de <i>H. hampei</i> por grano de café .....    | 43            |
| Cuadro 14. ANDEVA para cantidad porcentaje de grano de café vano .....                   | 45            |
| Cuadro 15. Costos variables para tratamientos de Ethiprole más Imidacloprid .....        | 47            |
| Cuadro 16. Datos de cosecha y beneficio neto de Ethiprole más Imidacloprid .....         | 48            |
| Cuadro 17. Croquis de campo mostrando la distribución espacial de los tratamientos. .... | 59            |
| Cuadro 18. Tratamientos utilizados para la evaluación de Skol 60 WG. ....                | 60            |
| Cuadro 19. ANDEVA para porcentaje de cobertura de <i>Cyperus sp.</i> ....                | 64            |
| Cuadro 20. Prueba de Tukey para porcentaje de cobertura de <i>Cyperus sp.</i> ....       | 64            |
| Cuadro 21. Descripción taxonómica del género <i>Tetranychus</i> spp. ....                | 73            |



**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE ETHIPROLE EN COMBINACIÓN CON IMIDACLOPRID PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferr.), EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AGRONÓMICO DE BAYER S.A., GUATEMALA, C.A.**

**RESUMEN**

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, fue realizado en la institución Bayer S.A en el departamento de Desarrollo Agronómico en el periodo de febrero a noviembre de 2018; específicamente trabajando con cultivos de café, caña de azúcar y plátano, cultivos de importancia para el país.

El presente trabajo de graduación es un documento integrado por tres capítulos: el Capítulo I es el diagnóstico sobre las principales plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) de la Finca Capetillo, ubicada en el municipio de San Juan Alotenango, departamento de Sacatepéquez. El Capítulo II es la investigación que se titula Evaluación de la eficacia biológica de Ethiprole en combinación con Imidacloprid para el control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.), en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) con el fin de encontrar solución a la principal problemática diagnóstica en el Capítulo I; y en el Capítulo III son los servicios realizados en el departamento de Desarrollo Agronómico de la institución Bayer S.A.

En el diagnóstico realizado se identificaron las principales plagas y enfermedades que afectan la producción de café en la Finca Capetillo, siendo la principal plaga insectil la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.), con un porcentaje de infestación que oscila entre el 5 % y 10 %; y la principal enfermedad es la roya del café, causada por el hongo fitopatógeno (*Hemileia vastatrix*) con incidencia mayor al 75 % en la finca. De estas problemáticas identificadas se determinó que era importante realizar la investigación en la cual se evaluaron distintas moléculas para el control de broca de café en la finca.

Las moléculas evaluadas en la investigación fueron las siguientes: tratamiento dos (Clorpirifos 48 %, comercialmente Lorsban 48 EC), tratamiento tres (Clorantraniliprole 10 % más Tiametoxam 20 %, comercialmente Voliam Flexi 300 SC), los tratamientos cuatro y cinco fueron las moléculas (Ethiprole 10% más Imidacloprid 10 %, comercialmente Curbix Plus 20 SC) a dosificaciones de 1.5 y 2.0 L/ha, respectivamente. Para cada tratamiento se realizaron dos aplicaciones con bomba motorizada Honda modelo GX25 trabajando con una boquilla doble con descarga de 0.1 gal/min a presión constante de 10 bar; la primera a los 90 días después de la floración de café y la segunda 30 días después.

De los resultados obtenidos de la investigación se determinó que la combinación de moléculas de Ethiprole e Imidacloprid a dosificación de 2.0 L/ha demostró tener eficacia positiva para el control de *Hypothenemus hampei* mostrando valores de eficacia Abbott del 89%. Mientras que para los costos de los tratamientos, la combinación de Ethiprole e Imidacloprid a dosificación de 1.5 L/ha resulta ser la más rentable.

Durante el EPSA, también se realizaron los servicios de: Evaluación del efecto post-emergente de Skol 60 WG para el control de Coyolillo (*Cyperus* spp.), en el cultivo de caña de azúcar, realizado en el departamento de Escuintla en el cual se obtuvieron resultados positivos para la dosificación de 250 g/ha, mostrando que tiene la capacidad de controlar la población de coyolillo en los cañaverales; y el segundo servicio fue la determinación taxonómica del género de ácaro que afecta el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en La Blanca, departamento de San Marcos; en donde se colectaron muestras de material vegetativo infestado con colonias de ácaros y se realizó su estudio en los laboratorios de la Facultad de Agronomía, en donde se determinó que el género de ácaro que afecta las plantaciones de plátano en La Blanca es *Tetranychus* spp.







## 1.1 PRESENTACIÓN

La empresa Bayer S.A. es un socio importante para los agricultores, ya que con la finalidad de encontrar nuevas soluciones a problemas fitosanitarios en los cultivos su departamento de Desarrollo Agronómico se encarga de validar moléculas de interés para su próxima comercialización. Debido a esto el diagnóstico está enfocado a las principales plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Finca Capetillo, ubicada en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

La actividad del sector caficulator guatemalteco es importante para el país, ya que para el año 2016 el café fue el tercer producto agrícola de exportación del país, únicamente después del azúcar y banano, alcanzando un 6 % de participación porcentual de los principales productos de exportación nacional; esto representa un valor de exportación de 649.1 millones de dólares. Por lo que, el cultivo de café en Guatemala es de importancia económica porque se generan ingresos económicos a través de su producción y comercialización; además de generar empleos directos e indirectos.

Basados en la premisa de la importancia del café, su sistema productivo se ve afectado por plagas y enfermedades que interfieren con el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas de café; con la presencia de éstas habrá pérdidas de la calidad y cantidad de las cosechas de granos. El objetivo principal del diagnóstico fue identificar las principales plagas y enfermedades que afecta el cultivo de café en la finca. En base a esto se hizo el reconocimiento de campo y la entrevista con el personal de campo de la finca.

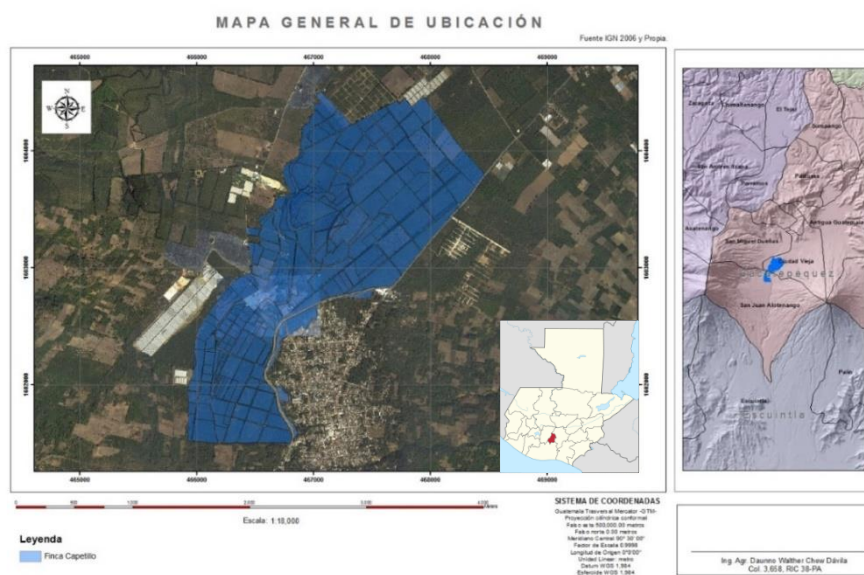
Como resultados se identificó que la principal plaga insectil que ataca el cultivo es la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) perforando los granos en desarrollo y demeritando su calidad por lo que en la escala de priorización de problemas obtuvo 9 unidades; y la principal enfermedad es la roya de café causada por el fitopatógeno (*Hemileia vastatrix*) colonizando el follaje de las plantas e impidiendo una óptima fotosíntesis. Por lo tanto en el capítulo II, se proponen soluciones químicas para el control de broca de café.



## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Ubicación geográfica

La finca Capetillo está situada entre las jurisdicciones del municipio de San Juan Alotenango y el municipio de Ciudad Vieja, ambos del departamento de Sacatepéquez. Se encuentran a 84 kilómetros de la Ciudad de Guatemala siguiendo la Ruta Nacional 14 en dirección hacia el departamento de Escuintla, se localiza a 1,350 m s.n.m, con coordenadas 14.49917456, -90.80047512. La finca colinda al Norte con Finca El Tempisque, al Este con la Ruta Nacional 14, al Oeste con la empresa Orange Dummen y al Sur con el Volcán de Fuego y su principal acceso es por la RN-14.



Fuente: Admón. Finca Capetillo

Figura 1. Mapa general de finca Capetillo

### 1.2.2 Ecología

Según Holdridge, en su Mapa de Zonas de Vida de Guatemala; el área en estudio pertenece a la clasificación Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB). Se caracteriza por una precipitación anual total que oscila entre los 2,065 mm a 3,900 mm; con temperatura de 12.5 °C hasta los 18.6 °C. Su topografía es accidentada, especialmente en las laderas

de los volcanes de Agua, Fuego, Acatenango, Tolimán y Atitlán; con una elevación de 1,800 m a 3,000 m s.n.m.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Identificar las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar las plagas insectiles que ocasionan daños al cultivo de café (*Coffea arabica* L.)
- b) Identificar las enfermedades con mayor incidencia en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

## **1.4 METODOLOGÍA**

### **1.4.1 Recorrido por la finca**

En los recorridos realizados en la finca se recopiló información de los trabajadores de campo para observar las principales problemáticas, observando dentro de las parcelas las principales sintomatologías de plagas y enfermedades que afectan el cultivo.

### **1.4.2 Entrevista al personal de campo**

Se realizaron entrevistas al administrador de la finca y el personal del campo para recopilar información primaria y conocer la situación actual del cultivo de café in situ.

El esquema utilizado en la entrevista fue el siguiente:

- 1) Área cultivada con café
- 2) Variedades cultivadas
- 3) Principales plagas
- 4) Principales enfermedades
- 5) Métodos de control
- 6) Forma de comercialización

### **1.4.3 Matriz de priorización de problemas**

Se realizó un listado con los problemas en el objeto de estudio. Posteriormente se realizó una priorización de problemas, de los cuales se obtienen los más importantes. En una escala de 1 a 5 se asignaron valores, ese número evaluó en qué medida el problema 1 tiene influencia sobre el problema 2 al cruzarlos en la matriz; es decir cual problema es más importante. Al final se realizó la sumatoria de cada problema para identificar el más importante del listado.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Variedades de café cultivadas

En la finca Capetillo la principal actividad agrícola es la producción y comercialización de café. Cultivándose 14 distintas variedades que ocupan un área total de la finca de 329 hectáreas. En la figura 2 se muestran las variedades de café cultivadas en la finca.

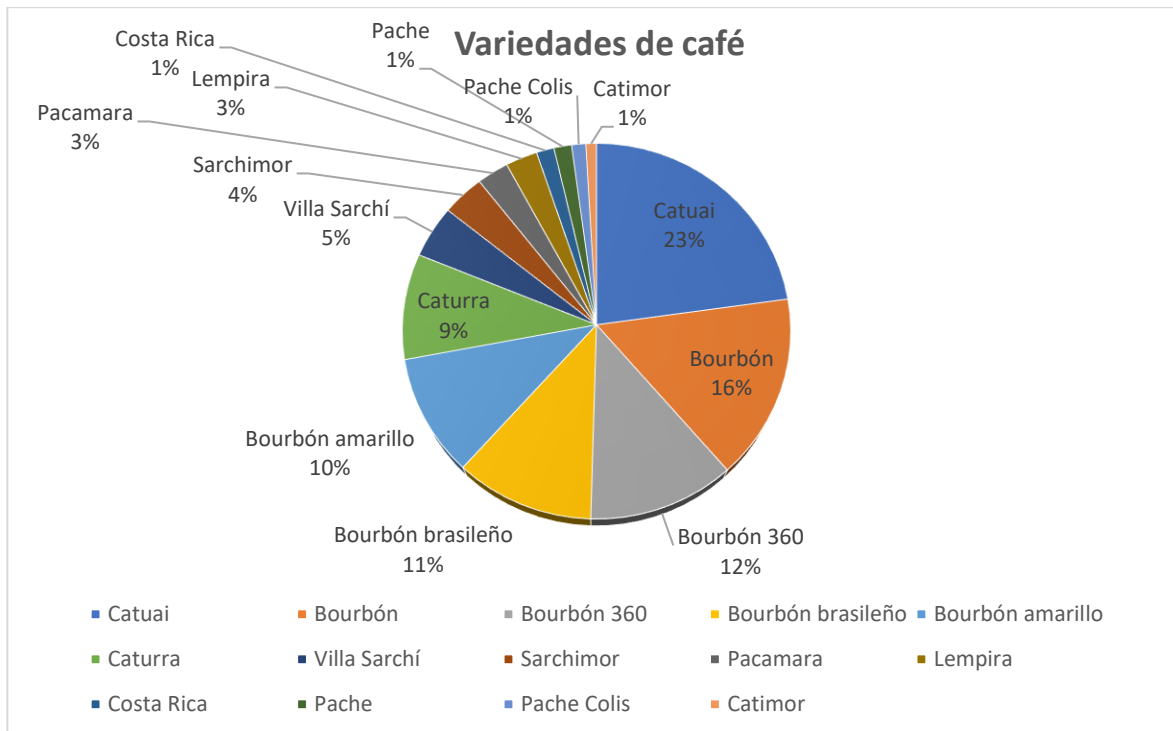


Figura 2. Variedades de café cultivadas en finca Capetillo

En la figura se muestra que más del 72 % de la finca está cultivada con variedades Catuai y Bourbones, lo que equivale a 237 hectáreas, variedades que se cultivan en mayor porcentaje debido a su rendimiento y calidad de taza.

A través del ciclo del cultivo se presentan diversas problemáticas entre las que se hace mencionar las plagas y enfermedades, es por esto que se realizó la priorización de las principales plagas y enfermedades en la finca las cuales se presentan a continuación.

### 1.5.2 Priorización de las principales plagas

Cuadro 1. Priorización de las principales plagas de café en finca Capetillo

| Plagas                       | Broca del café | Cochinillas harinosas | Nemátodos | Total |
|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------|-------|
| <b>Broca del café</b>        | 0              | 5                     | 4         | 9     |
| <b>Cochinillas harinosas</b> | 2              | 0                     | 3         | 5     |
| <b>Nematodos</b>             | 2              | 3                     | 0         | 5     |

Utilizando una escala de priorización del problema en donde 1="nulo", 2="bajo", 3="medio", 4="alto", 5="muy alto"; se determinó que la principal plaga que afecta al cultivo de café en la Finca Capetillo es la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) con un puntaje de 9 unidades, esta plaga afecta los granos de café perforándolos cuando estos tienen una consistencia blanda y lechosa; dándose entre los 90 y 140 días después de la floración del café. Otras plagas que causan problemas en la finca son las cochinillas harinosas y nematodos, ambas afectan el sistema radicular de las plantas.



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 3. Adulto de *Hypothenemus hampei* perforando grano de café.

### 1.5.3 Priorización de las principales enfermedades

De igual manera se priorizaron las principales enfermedades, presentando en el cuadro 2.

Cuadro 2. Priorización de las principales enfermedades de café en finca Capetillo

| Enfermedades     | Roya del café | Ojo de gallo | Mal de talluelo | Mancha de hierro | Total |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|------------------|-------|
| Roya del café    | 0             | 3            | 4               | 3                | 10    |
| Ojo de gallo     | 2             | 0            | 3               | 3                | 8     |
| Mal de talluelo  | 3             | 4            | 0               | 2                | 9     |
| Mancha de hierro | 3             | 2            | 3               | 0                | 8     |

Se utilizó la misma escala de priorización del cuadro 1, para este caso la enfermedad con la que se tiene mayor problemática en la finca es la conocida como roya del café causada por el hongo fitopatógeno *Hemileia vastatrix*, esta enfermedad afecta el follaje de las plantas de café, disminuyendo su capacidad fotosintética. Otras enfermedades como ojo de gallo y mancha de hierro también son comunes dentro de las parcelas de la finca, mientras que el mal del talluelo está ligado a los almácigos de café.



Fuente: Calderón, G. 2012.

Figura 4. a. Síntomas de roya en el haz de hojas. b. Hoja de café con pústulas de roya unidas. c. Defoliación ocasionada por roya.



### 1.5.4 Métodos de control

Para prevenir o controlar el ataque de plagas y/o fitopatógenos que afecten el cultivo, en la finca se realizan distintos tipos de control para minimizar los riesgos de pérdidas de producción; a continuación se presentan dichas actividades.

Cuadro 3. Métodos de control utilizados en finca Capetillo.

| Método de control | Actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etológico         | En este método se utilizan las trampas atrayentes mezclando los alcoholes etanol y metanol, con el objetivo de capturar adultos de <i>Hypothenemus hampei</i> . Esta actividad generalmente se realiza al final de la cosecha.                                                                                                                                             |
| Biológico         | Se realizan aplicaciones con el hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i> , para reducir la población de <i>H. hampei</i> , se realizan al inicio de la época lluviosa que es cuando la broca del café aumenta su población.                                                                                                                                          |
| Manual            | Este consiste en la colecta (“pepena”) de granos de café que estén en el suelo o en las plantas, con el fin de evitar la proliferación de broca, para el próximo ciclo del cultivo.                                                                                                                                                                                        |
| Químico           | Esta práctica es de las más comunes en la caficultura nacional, con el fin de prevenir o controlar plagas y enfermedades, en la finca se realizan entre 3-7 aplicaciones de insecticidas y fungicidas, dependiendo de la severidad. Entre las moléculas más utilizadas están: Endosulfan (control de broca de café), estrobirulinas y triazoles (control de roya de café). |

### 1.5.5 Comercialización del café

Para la finca la principal forma de comercializar su producto es a través de la exportación, en la figura 3 se describen los principales destinos.

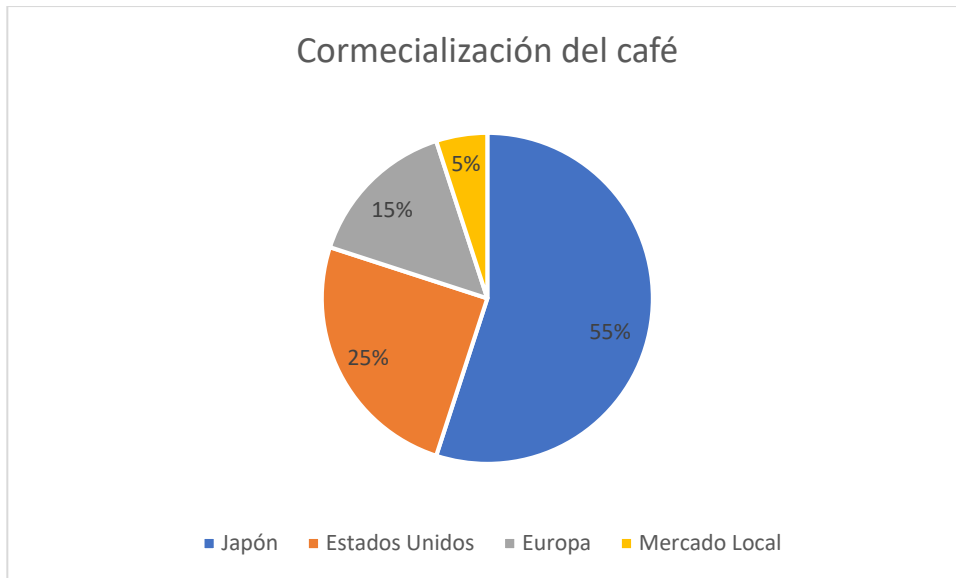


Figura 5. Comercialización del café en finca Capetillo

Como se muestra en la figura el 95 % de la producción de café pergamino, es destinada al comercio internacional; de los cuales el 55 % es exportado a Japón, el 25 % a Estados Unidos, el 15 % a países europeos; y únicamente el 5 % está destinado a la venta en el mercado local.

## 1.6 CONCLUSIONES

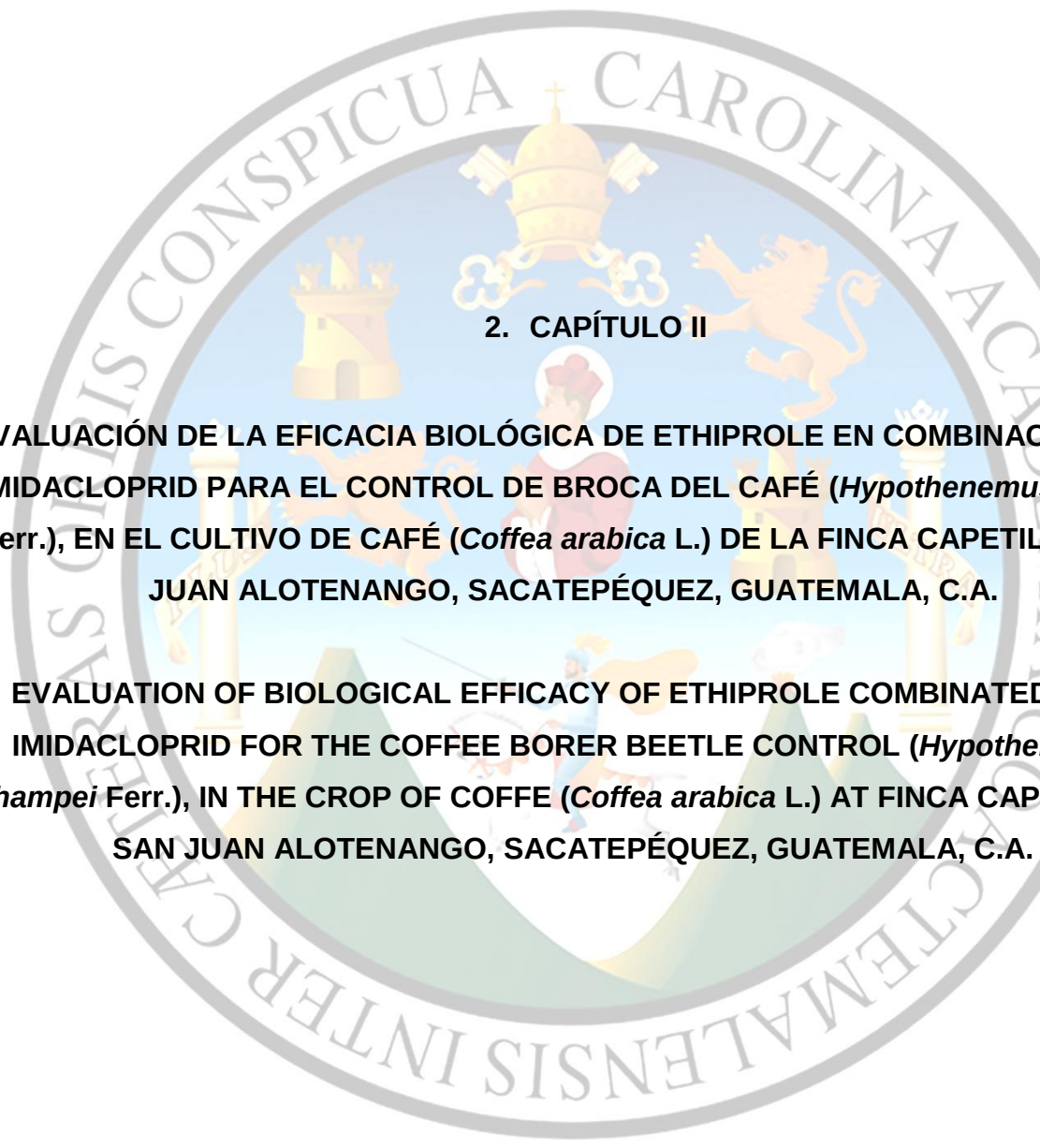
1. Las principales plagas identificadas y que ocasionan mayor daño al cultivo de café son la broca de café (*Hypothenemus hampei*), perforando los granos de café y así ocasionando la pérdida de peso y calidad; la cochinilla harinosa (*Pseudococcus* sp.) que al alimentarse de la savia en las raíces debilita a las plantas haciéndolas más propensas al ataque de fitopatógenos; los nematodos (*Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp.) atrofian las raíces evitando el paso de nutrientes y agua hacia las hojas de las plantas de café.
2. Las enfermedades de mayor importancia identificadas son: roya de café (*Hemileia vastatrix*) reduciendo la capacidad fotosintética de la planta de café; ojo de gallo (*Mycena citricolor*) puede atacar el follaje y frutos de café demeritando su calidad; mancha de hierro (*Cercospora* sp.) causa daños en el fruto dificultando su despulpe; mal de talluelo es ocasionado por el complejo de hongos (*Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp., *Phytophthora* sp.) ocurre en el semillero cuando el tallo de las plantas aún no está lignificado.

## 1.7 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar rotación de productos químicos sobre *Hypothenemus hampei* y *Hemileia vastatrix* para evitar el riesgo de resistencia química por parte de esta plaga y enfermedad identificada. Además de así reducir el número de aplicaciones de agroquímicos en la finca y contribuir al ahorro en costos de producción.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. BANGUAT (Banco de Guatemala, Guatemala). 2017. Guatemala en cifras. Guatemala. 72 p.
2. Calderón, G. 2012. Epidemiología de la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., en las regiones central y sur occidental de Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 102 p.
3. Camisón, C; González, T; Cruz, S. 2006. Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. España, Pearson Educación. p. 1270-1289.
4. Campos, O. 2016a. Acciones para prevenir pérdidas por el ataque de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Guatemala, Asociación Nacional del Café, Boletín Técnico no. 16, 5 p.
5. Campos, O. 2016b. Elaboración de trampas para la captura de broca de café. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Centro de Investigaciones en Café. 13 p.
6. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, Guatemala). (2018). Ecosistemas de Guatemala; basado en el sistema de clasificación de zonas de vida. Guatemala. 140 p.



## 2. CAPÍTULO II

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE ETHIPROLE EN COMBINACIÓN CON IMIDACLOPRID PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferr.), EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LA FINCA CAPETILLO, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF BIOLOGICAL EFFICACY OF ETHIPROLE COMBINATED WITH IMIDACLOPRID FOR THE COFFEE BORER BEETLE CONTROL (*Hypothenemus hampei* Ferr.), IN THE CROP OF COFFE (*Coffea arabica* L.) AT FINCA CAPETILLO, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**



## 2.1 PRESENTACIÓN

Desde 1,971 la problemática de la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) está distribuida en todas las regiones cafetaleras del país ocasionando daños a los granos de café y generando costos de producción. En la finca Capetillo ubicada en el municipio de San Juan Alotenango, departamento de Sacatepéquez; la broca del café es la principal plaga que afecta los granos de café entre los 60 y 120 días después de la floración por su consistencia lechosa, allí la infestación de la plaga oscila entre el 5 % y 10 % convirtiéndose en un problema a controlar año tras año por medio del uso de trampas atrayentes y el uso de productos fitosanitarios. Este insecto repercute de manera directa sobre la producción de café ya que al no ser controlado puede causar pérdidas de hasta un 30 % en la cosecha de granos, afectando no únicamente a la finca sino a la caficultura nacional.

Por lo tanto, para esta investigación se propuso el uso de tres productos fitosanitarios para el control de dicha plaga, entre los que destaca el uso de la combinación de moléculas Ethiprole con Imidacloprid a dos dosificaciones, Clorpirifos y la combinación de Tiametoxam con Clorantraniliprole. Por lo que entre los objetivos se planteó determinar la eficacia de las moléculas para el control de *Hypothenemus hampei*, así como determinar económicamente el producto más rentable.

Para poder cumplir con los objetivos planteados, se realizaron dos aplicaciones de las moléculas sobre las plantas de café; la primera se realizó a los 90 días después de la floración y la segunda a los 120 días, monitoreando bandolas de café previamente marcadas para determinar porcentaje de grano brocado, y al final de la prueba disecar granos para determinar cantidad de huevos, larvas y adultos, determinar el porcentaje de grano vano; y así determinar la eficacia de los productos a través de la prueba Abbott.

Los mejores resultados de eficacia para el control de *H. hampei* estuvieron dados por el insecticida Ethirpole con Imidacloprid a dosis de 2.0 L/ha con valores mayores al 89 %, además presentando los valores más bajos con menos de 1 individuo en el conteo de huevos, larvas y adultos en los granos brocados, pudo mantener el porcentaje de grano

brocado a través del tiempo y además resulto ser el más rentable, porque se pudo recuperar su inversión y adicionalmente retornaron Q. 647.81, a dosis de 1.5 L/ha.



## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Marco Teórico**

#### **2.2.1.1 Taxonomía de *Hypothenemus hampei* Ferr.**

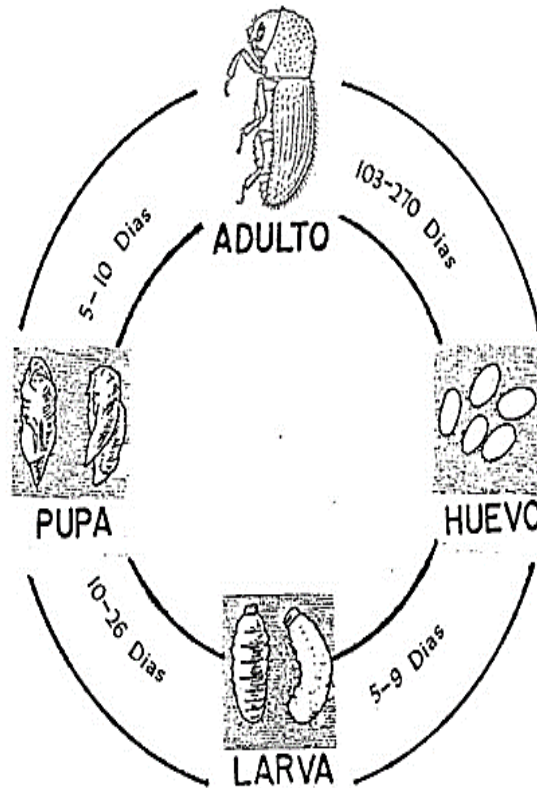
Según (SAGARPA 2016) la taxonomía de la broca de café es:

- Clase: Insecta
- Orden: Coleóptera
- Familia: Curculionidae
- Subfamilia: Scolytinae
- Género: *Hypothenemus*
- Especie: *Hypothenemus hampei*

#### **2.2.1.2 Características de la broca del café**

La broca del café es la principal plaga insectil en las siete regiones cafetaleras de Guatemala; afecta el rendimiento, la calidad del grano y la conversión de café cereza a pergamino.

Es un insecto holometábolo (figura 6), que comprende las fases de: huevo, larva, pupa y adulto. El adulto es un insecto de color negro brillante, de cuerpo relativamente cilíndrico, los machos miden de 1.0 mm a 1.25 mm de largo y posee un par de alas atrofiadas las cuales impiden que este pueda volar. Las hembras miden de 1.4 mm a 1.8 mm de largo y ellas si pueden volar. Los huevos son de forma elíptica de color blanco lechoso, con un tamaño que oscila de 0.5 mm a 0.8 mm de largo; cambian a un color amarillento cuanto están próximos a entrar en estado de pupa. Las larvas son de color blanco lechoso, mide de 1.9 mm a 2.3 mm de largo y la pupa mide de 1.4 mm a 1.9 mm de largo.



Fuente: Alonzo-Padilla, 1983.

Figura 6. Ciclo de vida de broca de café (*Hypothenemus hampei*)

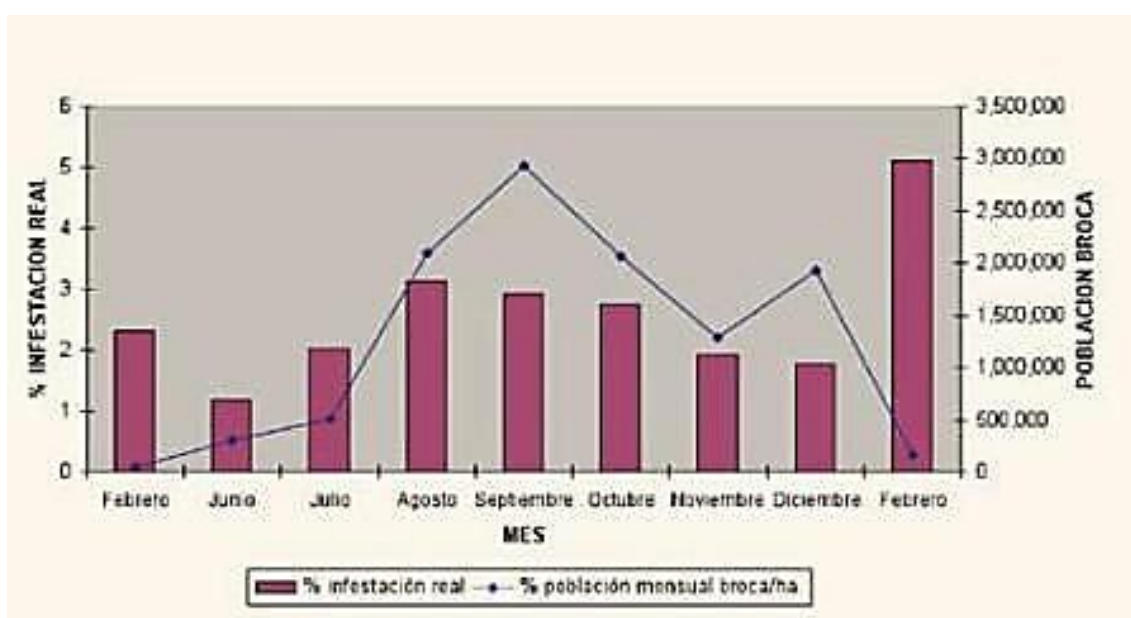
### 2.2.1.3 Daño y ecología de la broca del café

La hembra es la que perfora el fruto iniciando por la corona de este, hace galerías dentro del fruto y deposita sus huevos. El fruto es más propenso a ser dañado cuando su consistencia es muy blanda, en estado lechoso aproximadamente de 90 a 120 días después de la floración, provocando su caída; pero sí el fruto no tiene esa consistencia la broca permanece en el canal de perforación sin dañar aun el fruto. Este daño da como resultado la pérdida de peso del grano y deterioro de la calidad.

En Guatemala se ha encontrado de una relación de hasta 10 hembras por cada macho. Las hembras ovipositan de 12 a 60 huevos; y viven alrededor de 150 días. Además, este insecto se desarrolla bien en altitudes que van de 400 m a 1300 m s.n.m., y sus poblaciones son mayores en cafetales con sombra densa y con poco manejo.

#### 2.2.1.4 Fluctuación poblacional de la broca del café

La fluctuación de la población de *H. hampei*, se ve estrechamente relacionado con la fenología del café pues a finales del mes de julio el grano de café ha alcanzado un estado de consistencia blanda, llevando al alza la población de broca. Según ANACAFE en el año 2017 realizó un estudio en una plantación comercial de café en la finca “El Rosario”, perteneciente a la región II, ubicada en San Antonio Suchitepéquez, cultivada con variedad Catuaí; en la figura 7 se presentan los resultados de Infestación Real y Población Mensual de Broca/ha en la finca mencionada.



Fuente: ANACAFE, 2017

Figura 7. Dinámica poblacional de la broca del café

Como se observa de los meses de julio a septiembre aumenta de manera considerable las poblaciones de broca del café, es por lo que los caficultores realizaran acciones para el control de dicha plaga.

#### 2.2.1.5 Relación del ataque de broca y la edad de los frutos

El ataque de la broca de café está estrechamente relacionado con el desarrollo de frutos. Según el Centro Nacional de Investigaciones de Café de Colombia, por sus siglas

CENICAFE, generalmente los frutos de café empiezan a ser susceptibles a la broca cuando su peso seco es cercano a un 27 %. Este porcentaje se logra aproximadamente a los 120 días después de la floración, esto depende de la altitud y las condiciones climáticas del área. Como se muestra en la figura 8, los granos de café del día 107 al 135 tienen una composición blanda y lechosa lo que permite la penetración de la broca y proliferación de su progenie dentro del grano, traduciéndose en pérdidas de cantidad y calidad de grano.



Fuente: Bustillo, Á. 2007

Figura 8. Peso seco y desarrollo del fruto del café.

#### 2.2.1.6 Efecto de la broca sobre la producción de café

El daño que causa la broca sobre la producción de café es directo, pues perfora los frutos y causa la caída de estos. Los frutos que caen de las bandolas toman un color característico de madurez y en la transformación a café pergamino repercute en el manchado del grano, lo que demerita el rendimiento y calidad de los frutos. Según Alzate, V. 1993, se encontró que cuando la broca perfora frutos de dos meses de edad, más del 50 % de estos caen de las bandolas; pero si el ataque ocurre después de los tres meses la caída de los frutos

desciende a un 23.5 %. Se determinó que para la transformación de pergamino la pérdida de peso de granos de café por causa de la broca fue en promedio del 18 %.

### **A. Umbrales de daño económico por ataque de broca**

Fajardo, I. y Sanz, J. 1999., establecen que el umbral de broca durante los periodos de cosecha no debe sobrepasar el 2 % con el fin de no correr riegos. Se determina que un 5 % de infestación de café en cereza produce 2.5 % de infestación en café pergamino, debido a que en la mayoría de los casos solo uno de los dos endospermos esta atacado por broca.

#### **2.2.1.7 Ethiprole combinado con Imidacloprid**

La combinación de estas moléculas forma un insecticida para el control de Broca del café y otras plagas conocido comercialmente como Curbix Plus 20 SC, el cual está formulado en una suspensión concentrada y posee dos ingredientes activos, 100 g/L de Ethiprole y 100 g/L de Imidacloprid, es decir 10 % de cada i.a., en relación volumen/volumen. Por su formulación pertenece a dos grupos químicos, por parte del Imidacloprid pertenece a los Neonicotinoides y por el Ethiprole pertenece a los Fenilpirazoles; esta mezcla se puede utilizar de manera preventiva y post-plaga. Se comercializa en presentación de 1 L.

#### **2.2.1.8 Tasa marginal de retorno**

La tasa marginal de retorno (TMR) se define como el aumento de beneficios netos entre el incremento de costos variables. Es interpretada como el porcentaje de retorno al capital invertido después de que el capital ha sido recuperado, es decir, que si un productor recibe una TMR de 25 % sobre una inversión de Q. 100.00, la inversión fue recuperada y adicional ingresan Q. 25.00; su expresión matemática es la siguiente:

$$TMR = \frac{\text{Beneficios Netos}}{\text{Total Costos Variables}} \times 100$$

Siendo;

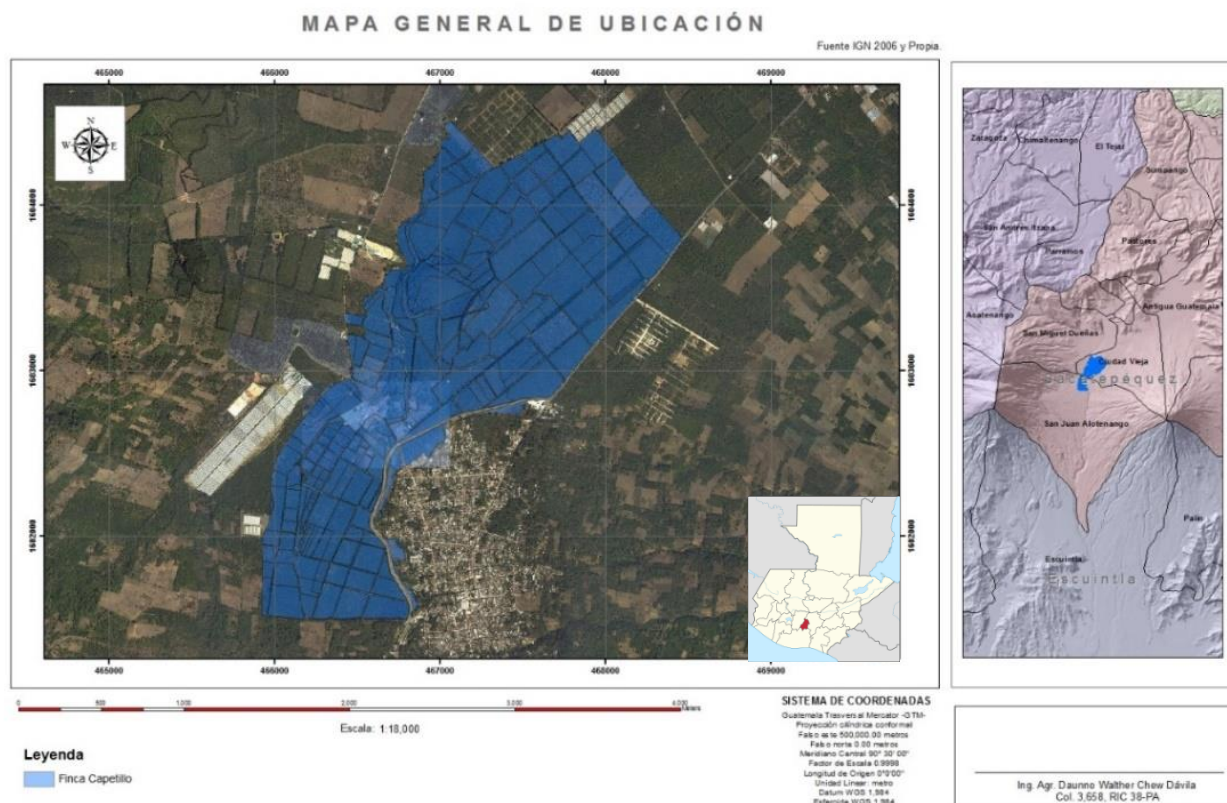
- Beneficios netos: es la multiplicación del rendimiento del tratamiento, por el precio de venta del café.
- Total costos variables: es la suma del costo del producto (Ethiprole + Imidacloprid), más el costo de la aplicación, más el costo de cosecha.

## **2.2.2 Marco Referencial**

### **2.2.2.1 Ubicación geográfica**

La finca Capetillo está situada entre las jurisdicciones del municipio de San Juan Alotenango y el municipio de Ciudad Vieja, ambos del departamento de Sacatepéquez, como se muestra en la figura 1. Se encuentra a 84 km de la Ciudad de Guatemala siguiendo la Ruta Nacional 14 en dirección hacia el departamento de Escuintla, se localiza a 1,350 m s.n.m. Las coordenadas en las que se lleva a cabo la investigación son las siguientes 14.49917456, -90.80047512. La finca colinda al Norte con finca El Tempixque, al Este con la Ruta Nacional 14, al Oeste con la empresa Orange Dummen y al Sur con el volcán de Fuego y su principal acceso es por la RN-14.

El lote de la finca en donde se situó la investigación fue uno de los más altos en porcentaje de infestación de broca. Estaba cultivado con la variedad Paché y manejado con sombra mixta de *Macadamia* (*Macadamia* sp.) y *Gravilea* (*Grevillea* sp.).



Fuente: Admón. Finca Capetillo, 2018.

Figura 1. Mapa general de finca Capetillo

### 2.2.2.2 Ecología

Según Holdridge, en su Mapa de Zonas de Vida de Guatemala; el área en estudio pertenece a la clasificación Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB). Se caracteriza por una precipitación anual total que oscila entre los 2,065 mm a 3,900 mm; con temperatura de 12.5 °C hasta los 18.6 °C. Su topografía es accidentada, especialmente en las laderas de los volcanes de Agua, Fuego, Acatenango, Tolimán y Atitlán; con una elevación de 1,800 m a 3,000 m s.n.m.

## 2.3 OBJETIVOS

### 2.3.1 Objetivo General

Evaluar la eficacia biológica de Ethiprole en combinación con Imidacloprid para el control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la eficacia de Ethiprole en combinación con Imidacloprid para el control de *Hypothenemus hampei*, en el cultivo de café
2. Realizar un análisis económico mediante la tasa marginal de retorno para Ethiprole en combinación con Imidacloprid para el control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.), en el cultivo de café.

## 2.4 HIPÓTESIS

La aplicación de al menos una dosificación de Ethiprole más Imidacloprid permitirá el control de la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en la finca Capetillo.



## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1 Materiales

#### 2.5.1.1 Características botánicas de la variedad Paché

El lote de café que fue objeto de estudio durante la investigación estaba establecido con *Coffea arabica* variedad Paché; las características morfológicas de esta son las siguientes:

- Altura: enana/compacta alrededor de 1.80 m
- Tamaño de fruto: grande
- Potencial de rendimiento en cereza: medio aproximadamente 9,000 kg/ha
- Densidad de siembra: 5,000 a 6,000 plantas/ha
- Años para la primera cosecha: 4
- Susceptible a: *Hemileia vastatrix*, Antracnosis, Nemátodos.

Esta variedad fue encontrada en Guatemala en el año de 1,949 en la Finca El Brito, municipio de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa (figura 5). Fue objeto de selección, por lo que se dispersó a otras regiones caficultoras del país y posteriormente a otros países. Dentro del grupo genético pertenece a Borbón-Típica, esta variedad se adapta mejor a regiones superiores a los 1,200 m.s.n.m.



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 9. *Coffea arabica* variedad Paché.

### 2.5.1.2 Ethiprole más Imidacloprid y su modo de acción

Es un producto químico que tiene la combinación de dos moléculas siendo estas Ethiprole e Imidacloprid con una relación de 100 g de i.a., y 100 g de i.a., respectivamente. El Imidacloprid pertenece al grupo químico de los Neonicotinoides por lo que por medio de su modo de acción es un antagonista del receptor de acetilcolina tipo nicotínico, mientras que el Ethiprole pertenece al grupo químico de los Fenilpirazoles y actúa bloqueando el canal de cloro regulador del ácido gamma aminobutírico (GABA). Para su evaluación se utilizaron dos dosis, 1.5 L/ha y 2.0 L/ha.

## 2.5.2 Métodos

### 2.5.2.1 Descripción de los tratamientos

La investigación consto de cinco tratamientos, en los que se incluyó un testigo absoluto, para observar el comportamiento de la broca del café ante la aplicación de los insecticidas evaluados. Todos los tratamientos fueron aplicados a los 90 días después de la floración principal de las plantas de café.

1. El testigo absoluto tuvo por objetivo demostrar cómo sería la dinámica poblacional de *Hypothenemus hampei*, sino se aplicará alguna de las moléculas en estudio. Además, sirvió como comparador para observar posibles síntomas de fitotoxicidad con los demás tratamientos aplicados.
2. Clorpirifos 48 %: es un insecticida, con nombre comercial Lorsban 48 EC, no sistémico que tiene acción por ingestión, inhalación y contacto; pertenece al grupo químico de los organofosforados por lo que su mecanismo de acción se da inhibiendo la acción de la acetilcolinesterasa, dando como resultado la excesiva transmisión de impulsos nerviosos, seguido de parálisis y por último la muerte del insecto. Se utilizó la dosis recomendada por la casa comercial de 2.0 L/ha.
3. Clorantraniliprole 10 % más Tiametoxam 20 %: fue el tratamiento que tiene la combinación de dos ingredientes activos tales como Tiametoxam y Clorantraniliprole

a una relación de 20 % y 10 % de i.a., respectivamente. Debido a la naturaleza de sus ingredientes activos, este insecticida es perteneciente a los grupos químicos de los Neonicotinoides y de las Diamidas Antranilicas; por lo que es un antagonista del receptor de la acetilcolina de tipo nicotínico, además de actuar sobre los receptores de la rianodina. Por lo que tiene doble acción de control por contacto y por ingestión, para afectar el sistema nervioso del insecto. Se utilizó la dosis comercial referida por el formulador de 350 cm<sup>3</sup>/ha, conocido comercialmente como Voliam Flexi 300 SC.

4. Ethiprole más Imidacloprid: fue el tratamiento que tiene la combinación de dos moléculas siendo estas Ethiprole e Imidacloprid con una relación de 100 g de i.a., y 100 g de i.a., respectivamente. El Imidacloprid pertenece al grupo químico de los Neonicotinoides por lo que por medio de su modo de acción es un antagonista del receptor de acetilcolina tipo nicotínico, mientras que el Ethiprole pertenece al grupo químico de los Fenilpirazoles y actúa bloqueando el canal de cloro regulador del ácido gamma aminobutírico (GABA). Para su evaluación se utilizaron dos dosis, 1.5 L/ha y 2.0 L/ha. En el cuadro 4, se presenta cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4. Tratamientos utilizados para la investigación de Broca del café en Finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala. 2018

| Tratamiento                  | Nombre comercial    | Ingrediente activo                        | Dosis/ha |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|----------|
| <b>T1 (Testigo Absoluto)</b> | ---                 | ---                                       | ---      |
| <b>T2</b>                    | Lorsban 48 EC       | Clorpirifos 48 %                          | 2.0 L    |
| <b>T3</b>                    | Voliam flexi 300 SC | Clorantraniliprole 10 % + Tiametoxam 20 % | 0.35 L   |
| <b>T4</b>                    | Curbix Plus 20 SC   | Ethiprole 10 % + Imidacloprid 10 %        | 1.5 L    |
| <b>T5</b>                    | Curbix Plus 20 SC   | Ethiprole 10 % + Imidacloprid 10 %        | 2.0 L    |

Fuente: elaboración propia, 2018.

### 2.5.2.2 Variables de respuesta

Las variables de respuesta consideradas para la investigación fueron:

- a) Porcentaje de grano brocado: se realizó conteos del total de granos/bandola y de granos brocados/bandola, estos conteos se realizaron únicamente en las bandolas del tercio medio de la planta previamente marcadas con listones.
- b) Cantidad de huevos, larvas y adultos: al final de los conteos de grano brocado se realizó la disección de 10 granos brocados por cada unidad experimental, y con la ayuda de un estereoscopio se observó la cantidad de huevos, larvas y adultos presentes dentro del grano brocado.
- c) Porcentaje de grano vano: al finalizar los conteos de grano brocado, se realizó la prueba de flotación de granos, para determinar el porcentaje de grano vano por causa de la broca del café. Consistió en pesar 100 granos de café, colocarlos en un recipiente con agua, y los granos que flotaron se pesaron otra vez para determinar el porcentaje (figura 18A).
- d) Promedio poblacional: en los ensayos realizados con productos insecticidas su efectividad en el control de las poblaciones de la plaga se realiza calculando un porcentaje de eficacia mediante el porcentaje de Abbott, que relaciona la población de la plaga entre unidades experimentales empleadas (parcelas o plantas en maceta) en las que se realizan las aplicaciones, respecto a las unidades experimentales testigos, no tratada (Busvine, 1971). Dicha eficacia se basa en el cálculo de la mortalidad originada por los productos plaguicidas con relación a un testigo no tratado. Su definición matemática es la siguiente:

$$\%Abbott = \left( \frac{\text{Promedio del testigo} - \text{Promedio del tratamiento}}{\text{Promedio del testigo}} \right) \times 100$$

- e) Fito compatibilidad: esta se llevó a cabo a través de la estimación visual de la coloración del follaje de las plantas de café, tomando en cuenta síntomas como clorosis y deformaciones que pudiesen existir en cada unidad experimental donde fueron aplicados los tratamientos. Esta variable se consideró durante toda la investigación, debido a que al ser dos aplicaciones pudo existir riesgo de fitotoxicidad. Para esta variable se hace uso de la escala de fito toxicidad utilizada en el departamento de Desarrollo Agronómico de Bayer S.A. (cuadro 5).

Cuadro 5. Escala de fitotoxicidad

| Escala 1-6 | +/- Clasificación | Color | Seguridad del cultivo | Definición                         |
|------------|-------------------|-------|-----------------------|------------------------------------|
| 1          | ++++              | ++++  | Excelente             | Sin Daño                           |
| 2          | +++               | +++   | Buena                 | Daño muy leve                      |
| 3          | ++                | ++    | Satisfactorio         | Daños aún aceptables               |
| 4          | +                 | +     | Marginal              | Daños por lo general no aceptables |
| 5          | -                 | -     | Insuficiente          | Daños inaceptables                 |
| 6          | 0                 | 0     | No selectiva          | Daño total al cultivo              |
|            | ne                | ne    | No han sido evaluados |                                    |

Fuente: Bayer S.A., 2018.

- f) Costos variables y costos fijos: a través de estos se pudo realizar la evaluación para traducir de manera económica la aplicación del tratamiento de Ethiprole en combinación con Imidacloprid mediante la Tasa Marginal de Retorno, y determinar cuánto retorna económicamente al aplicar el insecticida. Su expresión matemática es la siguiente:

$$TMR = \frac{\text{Beneficios Netos}}{\text{Total Costos Variables}} \times 100$$

Siendo;

- Beneficios netos: es la multiplicación del rendimiento del tratamiento, por el precio de venta del café.

- Total costos variables: es la suma del costo del producto (Ethiprole 10 % en combinación con Imidacloprid 10 %), más el costo de la aplicación, más el costo de cosecha.

Para esta variable se cosecho cada una de las parcelas de Ethiprole 10 % en combinación con Imidacloprid 10 % a ambas dosis, se pesaron y con esos datos se realizó los cálculos para determinar la TMR.

### 2.5.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado durante la investigación fue el de bloques completamente al azar, comprendidos en cuatro bloques y cinco tratamientos. Con el siguiente modelo estadístico:

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

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta en la i,j-esima unidad experimental.

$\mu$  = Valor de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento.

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

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la i,j-esima unidad experimental.

Y con los supuestos estadísticos de:

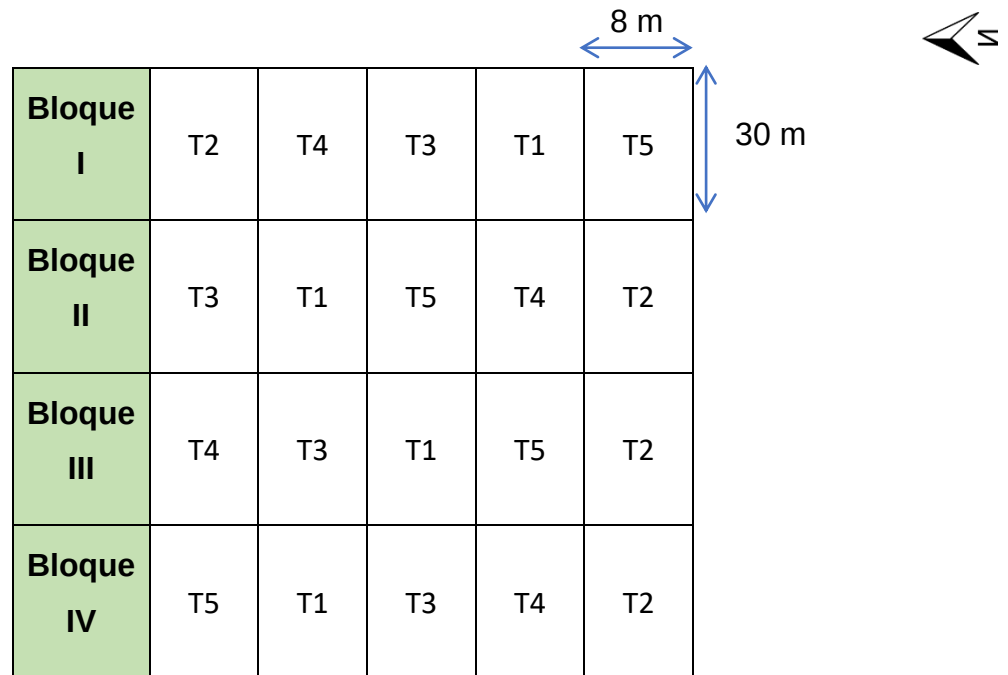
- Normalidad
- Homocedasticidad
- Independencia

### 2.5.2.4 Unidad experimental o parcela

Cada unidad experimental constó de 8 m de ancho (4 surcos) y de 30 m de longitud para un total de 240 m<sup>2</sup> para cada unidad experimental, por lo que cada bloque consta de 1,200 m<sup>2</sup>, para un área total de investigación de 4,800 m<sup>2</sup>. Dentro de cada unidad experimental se

marcaron 5 bandolas distribuidas al azar, colocando un listón por bandola por planta (cuadro 6).

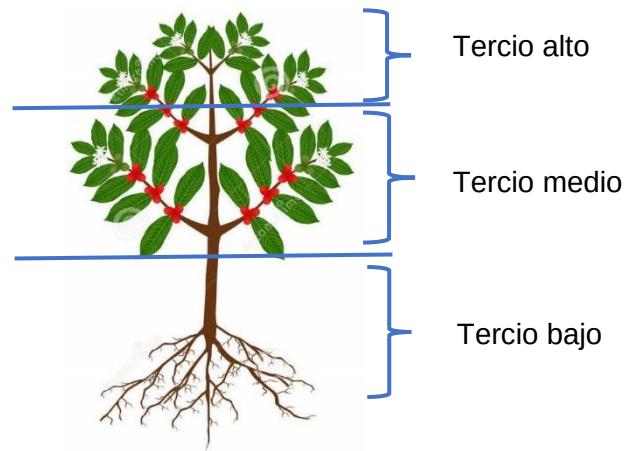
Cuadro 6. Croquis de campo



Fuente: elaboración propia, 2018.

### 2.5.2.5 Establecimiento de la investigación

La investigación inició los 90 días después de la floración. En la finca se maneja una densidad poblacional de 5,000 plantas/ha. Las bandolas marcadas corresponden al tercio medio de las plantas de café (figura 10), ya que poseen en promedio 50 granos de buen tamaño en estado fenológico de grano lechoso. El área de investigación se delimito con listones rotulados con el número de unidad experimental o parcela, colocados en la primera planta del surco; para evitar posibles aplicaciones de insecticidas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 10. Distribución de estratos según altura y bandolas en las plantas de café.

#### 2.5.2.6 Aplicación de los tratamientos en las unidades experimentales

En la investigación se realizaron dos aplicaciones, en ambas se utilizó una bomba motorizada Honda modelo GX25 con capacidad para 23 L, la cual fue calibrada en ambas aplicaciones a 400 L/ha. Para las aplicaciones se utilizó una boquilla doble de cono lleno con descarga de 0.1 gal/min para cada boquilla; se trabajó con una presión constante de 10 bar.

La primera aplicación se hizo a los 90 días después de la floración principal del café y la segunda a los 30 días después de la primera aplicación. Ambas aplicaciones son dirigidas a los granos de café, como se muestra en la figura 11, con el objetivo de control a *Hypothenemus hampei*.





Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 11. Aplicación de los tratamientos a las plantas de café, en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, 2018.

El manejo del lote de la investigación fue el mismo que la finca Capetillo brinda a todos sus lotes de café, siendo estos: manejo de sombra, fertilización, control de roya (*Hemileia vastatrix*), aplicación de herbicidas, exceptuando la aplicación de insecticidas en el área de investigación.

#### **2.5.2.7 Obtención de datos**

Los datos obtenidos fueron de las bandolas marcadas en cada unidad experimental, realizando conteos del número total de granos por bandolas y del número de granos brocados por bandola, para poder visualizar la dinámica de la broca del café a través del tiempo en el área de investigación, además de comparar posibles síntomas de fitotoxicidad por parte de los tratamientos aplicados sobre el cultivo de café versus el testigo absoluto. En el cuadro 7, se muestra el intervalo de días entre cada muestreo y su respectiva descripción.

Cuadro 7. Descripción de los muestreos durante la investigación

| No. de Muestreo | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | El primer muestreo se realizó previo a cualquier aplicación de los tratamientos, es decir a los 0 días después de la aplicación, con el objetivo de determinar la infestación inicial de <i>Hypothenemus hampei</i> . Para este momento ya se habían delimitado unidades experimentales y marcado bandolas. |
| 2               | Se realizó a los 13 días después de realizada la primera aplicación de los tratamientos. Se realizó conteo de grano total y grano brocado por bandola, para posteriormente determinar el porcentaje de grano brocado.                                                                                       |
| 3               | Se realizó a los 28 días después de realizada la primera aplicación de los tratamientos. Previo a realizar este tercer muestreo se realizó la segunda aplicación de los tratamientos.                                                                                                                       |
| 4               | Se realizó a los 43 días después de realizada la primera aplicación de los tratamientos.                                                                                                                                                                                                                    |
| 5               | Se realizó a los 58 días después de realizada la primera aplicación de los tratamientos. Al finalizar este muestreo, se colecta granos brocados para su disección, con el fin de determinar cantidad de huevos y larvas en cada unidad experimental                                                         |
| 6               | Posterior a los muestreos de grano brocado, se realizó la prueba de obtención de masa flotante por daño de broca, pesando 100 granos de café y colocándolos en recipiente con agua. Se determino la masa de los granos flotantes para cuantificar el porcentaje de grano vano.                              |

Fuente: elaboración propia, 2018.

#### 2.5.2.8 Análisis estadístico de la información obtenida

Para el análisis de la información se utilizó Microsoft Excel y el software Scout, proporcionado por Bayer S.A., de la siguiente manera:

- a) Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con los datos obtenidos para la variable de respuesta de cantidad de huevo, larva y adulto; y porcentaje de grano vano
- b) Debido a que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de medias de Tukey para la variable de cantidad de huevo, larva y adultos.
- c) Se realizaron gráficas de la dinámica poblacional, la cantidad huevos, larvas y adultos de *Hypothenemus hampei*, porcentaje de grano vano, eficacia con prueba de Abbott y la fito toxicidad durante la investigación.

## 2.6 RESULTADOS

Con los datos obtenidos a través de los muestreos, se diseñó las gráficas de porcentaje de grano brocado por la broca de café, gráfica de barras con los datos de disección de la cantidad de huevos, larvas y adultos en los granos de café, grano vano, eficacia de Abbott y prueba de fitotoxicidad; además de su respectivo Análisis de la Varianza y Prueba de Tukey.

### 2.6.1 Eficacia de los tratamientos

#### 2.6.1.1 Resultados del porcentaje de grano brocado

En la figura 12 muestra el comportamiento del porcentaje de grano brocado por *Hypothenemus hampei*, ante la aplicación de cada uno de los tratamientos a través del tiempo.

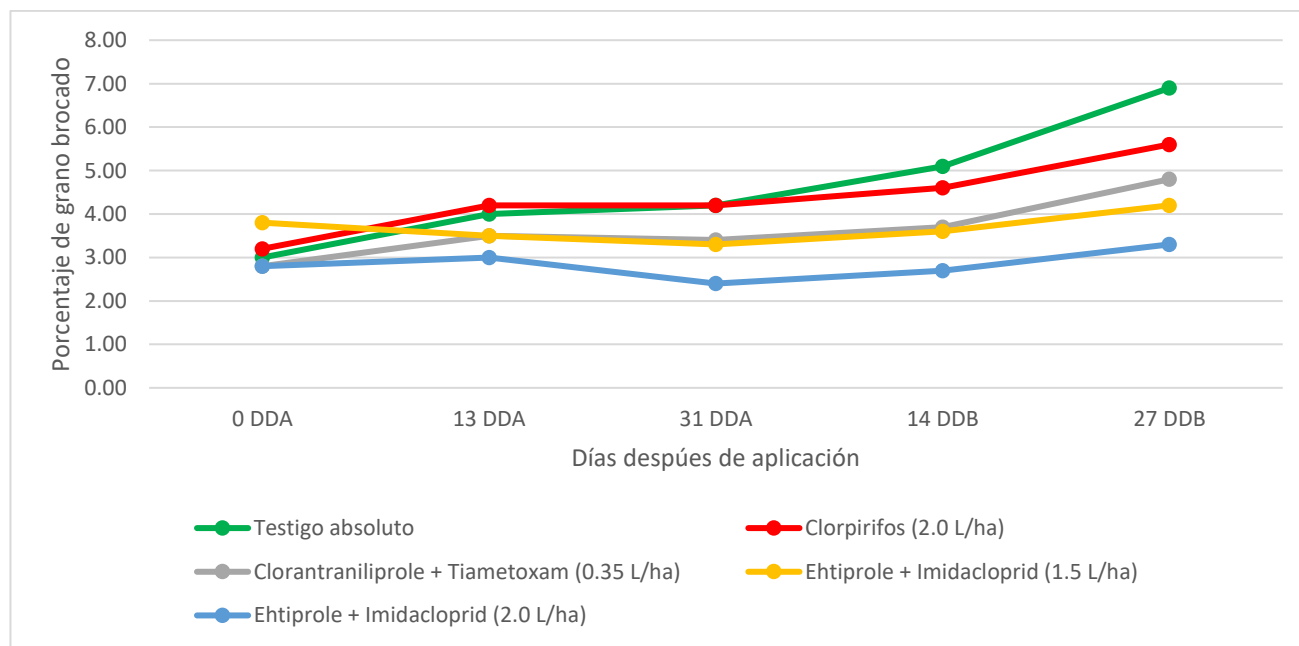


Figura 12. Porcentaje de grano brocado por *Hypothenemus hampei*, en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

Los resultados de los muestreos que se hicieron durante la investigación se representan en la figura anterior; correspondiente a porcentaje de grano brocado de *Hypothenemus hampei* a través del tiempo. Se puede notar que los tratamientos muestran un comportamiento similar, esto se debe a que la primera aplicación de los tratamientos fue a los 90 días después de la floración principal en donde los granos de café son más susceptibles al ataque de broca; considerada como “tardía” y los granos de café ya estaban brocados para ese momento por lo que no se pueden recuperar; es por esto que se observa que el porcentaje de grano brocado al inicio de la investigación no es del cero por ciento.

Se puede notar que en el testigo absoluto el porcentaje de grano brocado aumento desde un 3 % del día 0 después de la aplicación hasta un 7 % al día 59 después de la aplicación, por lo que existe mayor riesgo de mermas en la producción, según Fajardo, I. y Sanz, J. 1999, establecen que durante la cosecha el porcentaje de infestación de broca no debe ser mayor al 2 %, en este caso el porcentaje aumento más de dos veces por lo que representará perdidas para el caficultor.

Para el tratamiento de Clorpirifos 48 % a dosis de 2 L/ha, se puede observar que durante toda la investigación el porcentaje de grano brocado fue aumentando en las unidades experimentales aplicadas con este producto, por lo que se decir que su ingrediente activo no funciona en aplicaciones tardías porque es un producto de contacto, y para el momento de la aplicación la broca del café ya había perforado el grano, entonces su ingrediente activo no tuvo efecto sobre la plaga.

En el tratamiento de Clorantraniliprole 10 % más Tiametoxam 20 % a 0.35 L/ha presento un aumento del 2 % de grano brocado, a pesar de que la población subió no fue como los tratamientos de testigo y Clorpirifos 48 %.

En cuanto a los tratamientos aplicados con Ethiprole 10 % combinado con Imidacloprid 10 % a dosis de 1.5 L/ha y 2.0 L/ha respectivamente, se observa un ligero aumento del 0.5 % en los granos brocados, por lo que se puede notar que el producto mediante su mezcla de

ingredientes activos pudo mantener la población de *Hypothenemus hampei*.; esto se debe a la capacidad del producto de actuar de forma sistémica por ingestión y por contacto.

#### 2.6.1.2 Resultados del conteo de huevos, larvas y adultos

En la figura 13 se muestra el daño ocasionado por el adulto de *H. hampei* sobre los granos de café.

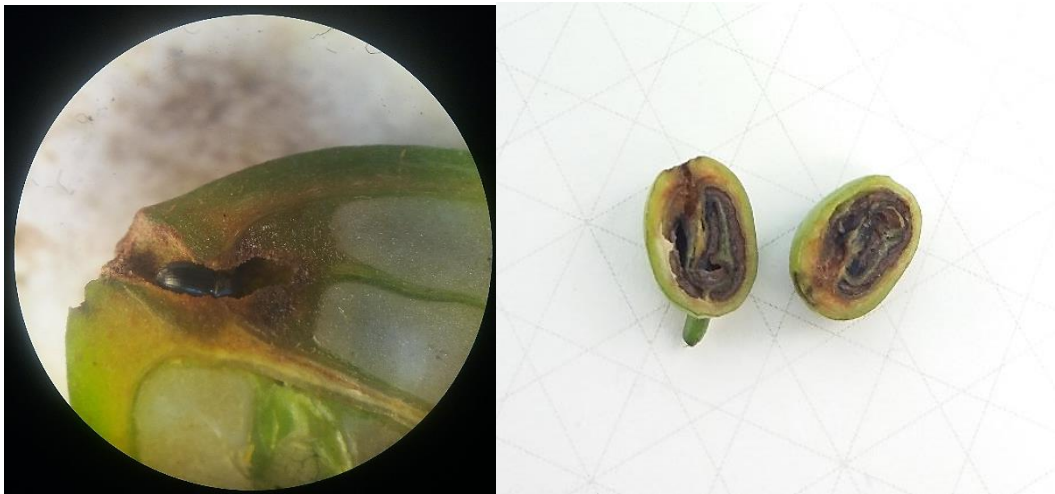


Figura 13. Daño ocasionado por *Hypothenemus hampei*, mostrando adulto y galerías.

En la figura 14, se presenta la gráfica de barras para la variable de respuesta correspondiente al conteo de huevos, larvas y adultos; a través de la disección de granos brocados.

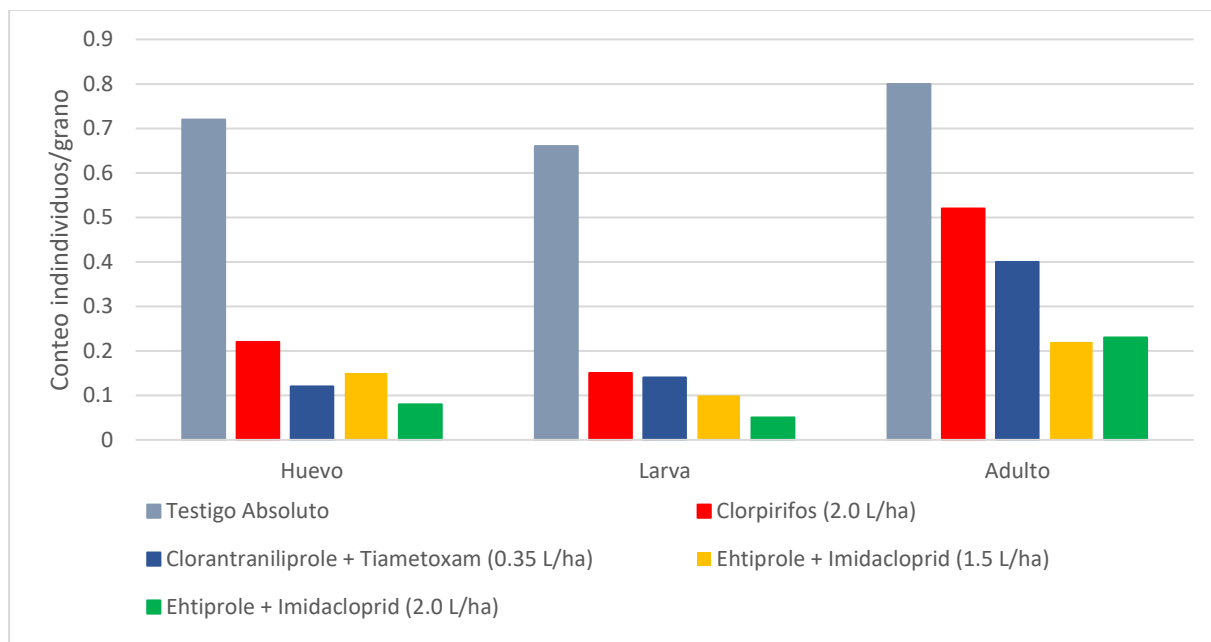


Figura 14. Conteo de adultos, huevos y larvas en granos brocados.

Como se observa en los tres estados de la broca, el testigo absoluto es el que presenta mayor cantidad de individuos por grano; tanto en huevo, larva y adulto, lo que es lógico debido a que no se aplicó ningún insecticida (figura 18A). En cuanto a los tratamientos evaluados, la tendencia de los productos sobre la broca del café es similar como se observó; porque se nota en la gráfica de barras que Clorpirifos 48 % a dosis de 2 L/ha tiene los datos más altos, después del testigo absoluto. Seguido por Cloranthraniliprole 10 % más Tiametoxam 20 % a dosis de 0.35 L/ha, y presentando los valores más bajos en el conteo de individuos por grano se encuentra Ethiprole 10 % combinado con Imidacloprid 10 % a dosis de 1.5 L/ha y 2.0 L/ha, respectivamente.

#### 2.6.1.2.1 Análisis de la varianza para conteo de huevos, larvas y adultos

Se realizó un análisis de la varianza para cada uno de los estados de la broca, los cuales se presentan en los cuadros 8, 9 y 10.

Cuadro 8. ANDEVA para cantidad de huevos de *H. hampei* en grano brocado de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| Fuente             | GL | SC       | CM       | F     | Prob(F)  |
|--------------------|----|----------|----------|-------|----------|
| <b>Total</b>       | 19 | 1.704562 |          |       |          |
| <b>Replica</b>     | 3  | 0.076019 | 0.02534  | 0.603 | 0.6257   |
| <b>Tratamiento</b> | 4  | 1.123914 | 0.280978 | 6.682 | 0.0046** |
| <b>Error</b>       | 12 | 0.50463  | 0.042052 |       |          |

Cuadro 9. ANDEVA para cantidad de larvas de *H. hampei* en grano brocado de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| Fuente             | GL | SC       | CM       | F     | Prob(F)  |
|--------------------|----|----------|----------|-------|----------|
| <b>Total</b>       | 19 | 1.465302 |          |       |          |
| <b>Replica</b>     | 3  | 0.148463 | 0.049488 | 1.803 | 0.2003   |
| <b>Tratamiento</b> | 4  | 0.987432 | 0.246858 | 8.993 | 0.0013** |
| <b>Error</b>       | 12 | 0.329407 | 0.027451 |       |          |

Cuadro 10. ANDEVA para cantidad de adultos de *H. hampei* en grano brocado de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| Fuente             | GL | SC       | CM       | F      | Prob(F)  |
|--------------------|----|----------|----------|--------|----------|
| <b>Total</b>       | 19 | 1.021877 |          |        |          |
| <b>Replica</b>     | 3  | 0.019704 | 0.006568 | 0.723  | 0.5574   |
| <b>Tratamiento</b> | 4  | 0.893173 | 0.223293 | 24.583 | 0.0001** |
| <b>Error</b>       | 12 | 0.109    | 0.009083 |        |          |

En los cuadros de ANDEVA para cada uno de los estados de broca de café, se presenta que Prob (F) es menor al 0.05 de significancia, por lo que al menos uno de los cinco tratamientos presentó diferencias significativas sobre la cantidad de huevos, larvas y adultos en granos de *Hypothenemus hampei*. Por ende, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey para cada estado de la broca.



## 2.6.1.2.2 Prueba de Tukey

Cuadro 11. Tukey para cantidad de huevos de *H. hampei* por grano de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018

| No. | Tratamiento                                 | Medias | Grupo |
|-----|---------------------------------------------|--------|-------|
| 1   | Ethiprole + Imidacloprid (2.0 L/Ha)         | 0      | A     |
| 2   | Ethiprole + Imidacloprid (1.5 L/Ha)         | 0      | A     |
| 3   | Clorantraniliprole + Tiametoxam (0.35 L/Ha) | 0      | A     |
| 4   | Clorpirifos (2.0 L/Ha)                      | 0      | A     |
| 5   | Testigo Absoluto                            | 1      | B     |

Cuadro 12. Tukey para cantidad de larvas de *H. hampei* por grano de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| No. | Tratamiento                                 | Medias | Grupo |
|-----|---------------------------------------------|--------|-------|
| 1   | Ethiprole + Imidacloprid (2.0 L/ha)         | 0      | A     |
| 2   | Ethiprole + Imidacloprid (1.5 L/ha)         | 0      | A     |
| 3   | Clorantraniliprole + Tiametoxam (0.35 L/ha) | 0      | A     |
| 4   | Clorpirifos (2.0 L/ha)                      | 0      | A     |
| 5   | Testigo Absoluto                            | 1      | B     |

Cuadro 13. Tukey para cantidad de adultos de *H. hampei* por grano de café en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| No. | Tratamiento                                 | Medias | Grupo |
|-----|---------------------------------------------|--------|-------|
| 1   | Ethiprole + Imidacloprid (2.0 L/ha)         | 0      | D     |
| 2   | Ethiprole + Imidacloprid (1.5 L/ha)         | 0      | D     |
| 3   | Clorantraniliprole + Tiametoxam (0.35 L/ha) | 0      | C     |
| 4   | Clorpirifos (2.0 L/ha)                      | 1      | B     |
| 5   | Testigo Absoluto                            | 1      | A     |

En los cuadros 11,12 y 13 se observa que, para la prueba de Tukey el único tratamiento que se encuentra en un grupo diferente es el Testigo Absoluto, con la mayor media de huevos y larvas como se observó en la figura 12; y los demás tratamientos quedan agrupados en la letra "A". Por lo que estadísticamente, da lo mismo utilizar cualquiera de los 4 tratamientos para el control de adultos de broca, y que estos dejen su progenie en los granos brocados.

Sin embargo, se ve en los resultados que los tratamientos de Ethiprole más Imidacloprid presenta las menores presiones de *H. hampei*.

### 2.6.1.3 Resultados Eficacia Abbott

Para el caso de esta investigación los resultados son los siguientes:

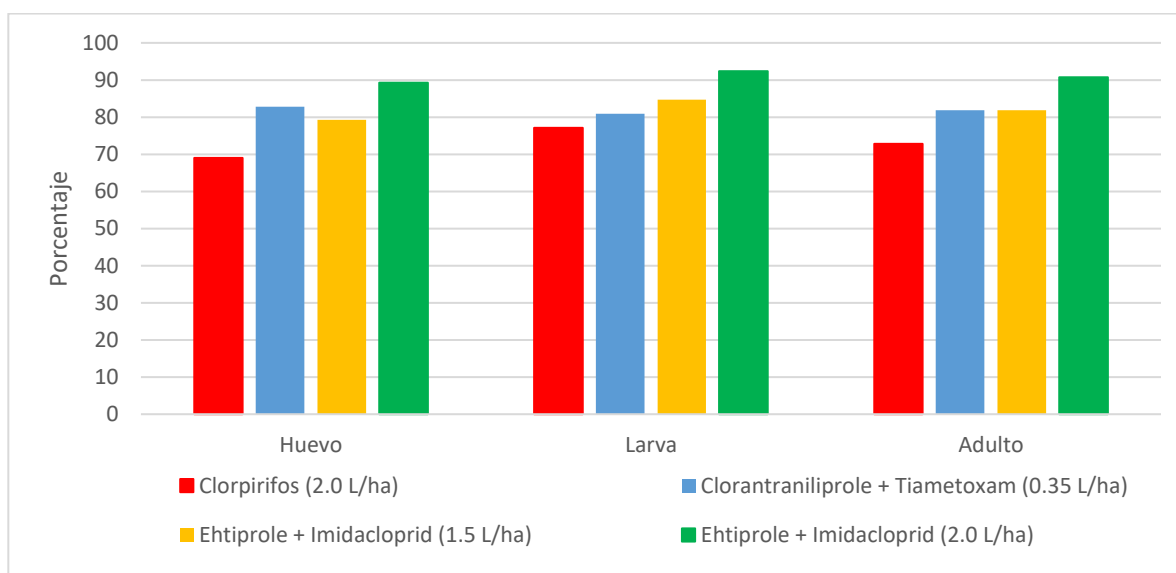


Figura 15. Resultados de la eficacia Abbott para huevo, larva y adulto en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

Se observa en la figura 15, que con estos valores de eficacia Abbott nos indican la eficacia que tuvo cada tratamiento con respecto a la broca del café, es decir, que para el caso de Ethiprole + Imidacloprid a 2.0 L/ha la mortalidad de la plaga fue de 89 % con respecto al testigo absoluto, siendo el tratamiento con valores más altos. Por esto se demuestra que en la figura 10, es el tratamiento que logro mantener la población de broca, y no tuvo repuntes de grano brocado durante la prueba.

### 2.6.1.4 Resultados de porcentaje de grano vano

Cuadro 14. ANDEVA para cantidad porcentaje de grano de café vano en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

| Fuente      | GL | SC        | CM          | F(tab)      | Prob(F)     |
|-------------|----|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Total       | 19 | 16.409495 |             |             |             |
| Replica     | 15 | 12.494725 | 0.832981667 |             |             |
| Tratamiento | 4  | 3.91477   | 0.9786925   | 1.174926819 | 0.361180591 |

Según el análisis de la varianza, no existe diferencia significativa entre el porcentaje de grano vano para los tratamientos evaluados, ya que el valor de Prob (F) es mayor al 0.05 de significancia. Por lo que estadísticamente todos los tratamientos son iguales, sin embargo, tratamientos como el testigo absoluto y Clorpirifos 2.0 L/ha que están cercanos al 2 % pueden correr riesgo en la cosecha al sobrepasar este umbral.

En la figura 16, se ilustra cómo se comportaron los datos de grano vano.

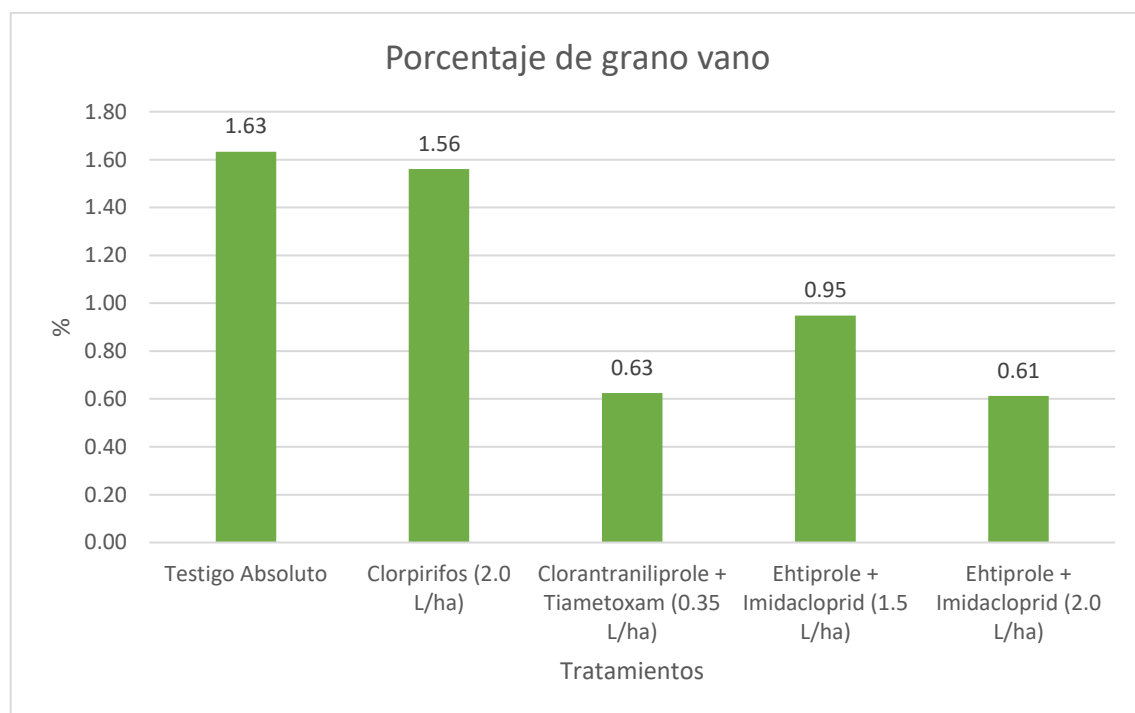


Figura 16. Resultados de la prueba porcentaje de grano vano en finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

Por medio de la prueba de flotación de granos se pudo realizar esta gráfica en donde se puede notar que los valores más bajos están representados por Clorantraniliprole con Tiametoxam a 0.35 L/ha y Ethiprole más Imidacloprid a ambas dosis, por lo que con estos tratamientos no hubo mucha pérdida de grano; mientras que los valores más altos están representados por los tratamientos del testigo y Clorpirifos a 2.0 L/ha, alcanzando casi 2 % de grano vano, es decir que en las unidades experimentales donde estaban estos tratamientos hubo mayor pérdida de cantidad y calidad de granos ya que estos al estar vanos caen al suelo o bien permanecen en la planta pero están vacíos por dentro.

Esto repercute en la producción de café y si no se realizan labores como la pepena la población de broca aumentará para el siguiente ciclo. El porcentaje de la prueba de flotación de granos es bajo porque muchos de los granos brocados caen prematuramente de la planta; es por lo que en ocasiones se realizan aplicaciones tempranas con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para evitar la caída de granos y la reproducción de la broca de café.

**2.6.1.5 Resultados de la fitotoxicidad sobre el cultivo de café**

Durante los muestreos se observó si existiese posibles síntomas de fitotoxicidad por parte de los tratamientos sobre las plantas de café, mostrando los siguientes resultados.

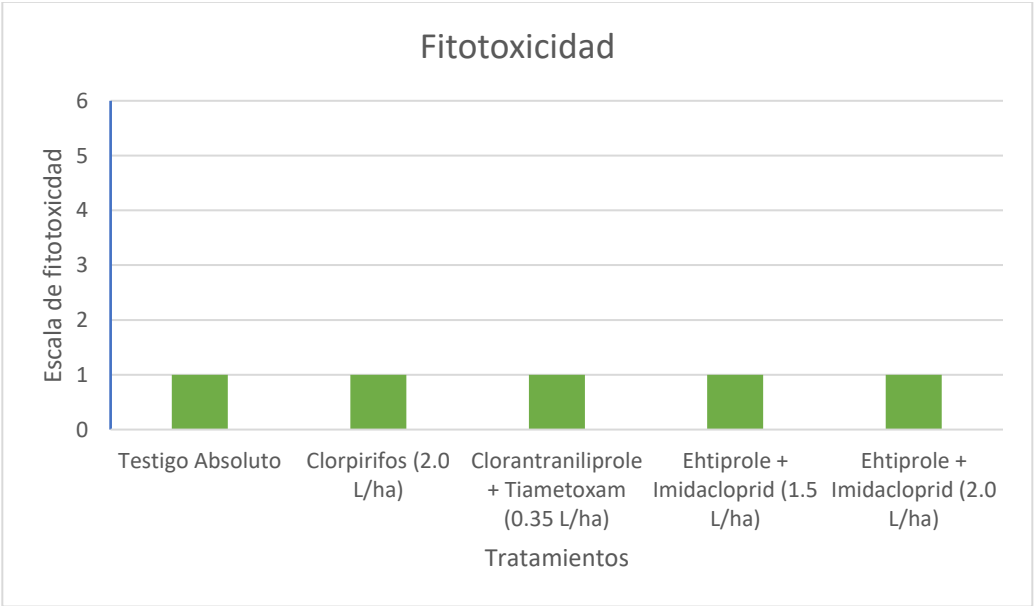


Figura 17. Fitotoxicidad sobre las plantas de café.

En la gráfica se observa que todos los tratamientos evaluados están situados en el número uno, según la escala de fitotoxicidad del departamento de Desarrollo Agronómico de Bayer S.A., es decir que no presentaron daños al cultivo de café. Se puede decir que los productos son selectivos al café en las dosis evaluadas.

Se realizó la evaluación de la fitotoxicidad sobre el cultivo porque para fines de la investigación era necesario conocer si los tratamientos causasen algún efecto fitotóxico sobre las plantas de café.

Además de que las moléculas no presentaron toxicidad sobre las plantas de café, durante la investigación tampoco se observó toxicidad sobre abejas porque las aplicaciones se hicieron a partir de los 90 días después de la floración, por lo que para ese momento estos artrópodos no estaban polinizando las plantas.

## 2.6.2 Rentabilidad de los tratamientos

### 2.6.2.1 Resultados para la tasa marginal de retorno

En el siguiente cuadro se muestran los costos variables para posteriormente determinar la Tasa Marginal de Retorno de ambos tratamientos.

Cuadro 15. Costos variables para tratamientos de Ethiprole más Imidacloprid, a 1.5 L/ha y 2.0 L/ha.

| Descripción               | Cantidad   | Costo        | Subtotal  |
|---------------------------|------------|--------------|-----------|
| Curbix Plus 20 SC 1.5L/ha | 1.5 L      | Q. 231.50/L  | Q. 347.25 |
| Costo de cosecha          | 4 jornales | Q. 30.00     | Q. 120.00 |
| Costo de aplicación       | 2 jornales | Q. 90.16     | Q. 180.33 |
|                           |            | <b>Total</b> | Q. 647.58 |
| Descripción               | Cantidad   | Costo        | Subtotal  |
| Curbix Plus 20 SC 2.0L/ha | 2 L        | Q2. 31.50/L  | Q. 463.00 |
| Costo de cosecha          | 4 jornales | Q. 30.00     | Q. 120.00 |
| Costo de aplicación       | 2 jornales | Q. 90.16     | Q. 180.33 |
|                           |            | <b>Total</b> | Q. 763.33 |

Aunque los jornales de cosecha y de aplicación son los mismos en los costos variables, el costo de Ethiprole más Imidacloprid varía según la dosis utilizada ya que se utiliza mayor cantidad de producto a 2.0L/ha.

A continuación, se presentan los resultados de cosecha de las parcelas con los tratamientos de Ethiprole más Imidacloprid, a dosis de 1.5 L/ha y 2.0 L/ha respectivamente, además del beneficio neto de cada uno de estos tratamientos.

Cuadro 16. Datos de cosecha y beneficio neto de Ethiprole más Imidacloprid

| Bloque | Ethiprole + Imidacloprid 1.5 L/ha (kg/ha) | Beneficio Bruto | Beneficio Neto | Ethiprole + Imidacloprid 2.0 L/ha (kg/ha) | Beneficio Bruto | Beneficio Neto |
|--------|-------------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------------------|-----------------|----------------|
| B1     | 653.4                                     | Q. 5,220.9      | Q. 4,573.4     | 596.6                                     | Q. 4,766.9      | Q. 4,003.6     |
| B2     | 615.5                                     | Q. 4,918.3      | Q. 4,270.7     | 643.9                                     | Q. 5,145.3      | Q. 4,382.0     |
| B3     | 568.2                                     | Q. 4,539.9      | Q. 3,892.4     | 625.0                                     | Q. 4,993.9      | Q. 4,230.6     |
| B4     | 587.1                                     | Q. 4,691.3      | Q. 4,043.7     | 653.4                                     | Q. 5,220.9      | Q. 4,457.6     |
| Media  | 606.1                                     | Q. 4,842.6      | Q. 4,195.0     | 629.7                                     | Q. 5,031.8      | Q. 4,268.5     |

Se puede notar en el cuadro anterior que los valores de cosecha son muy similares, debido a la capacidad de las moléculas de controlar la broca del café y por lo tanto la mayoría de los frutos se quedan en las bandolas y no caen al suelo.

Para la determinación del beneficio bruto se multiplico la cantidad de libras cosechadas por el precio actual de venta del café, el cual fue según ANACAFE al 19 de enero de 2019 de U.S. \$ 1.15, al cambio Q. 8.88; entonces el beneficio neto es restar al beneficio bruto los costos variables.

Entonces el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno para cada uno de los tratamientos es el siguiente:

- TMR para Ethiprole más Imidacloprid 1.5 L/ha

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| <b>Beneficio Neto</b> | Q. 4,195.08 |
| <b>Costos Totales</b> | Q. 647.58   |
| <b>TMR</b>            | 647.81 %    |

- TMR para Ethiprole más Imidacloprid 2.0 L/ha

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| <b>Beneficio Neto</b> | Q. 4,268.50 |
| <b>Costos Totales</b> | Q. 763.33   |
| <b>TMR</b>            | 559.19 %    |

Según Harrington, L. 1982 para este caso se recuperó la inversión que se hizo para cada uno de los tratamientos y además se obtuvo un retorno adicional de Q. 647.81 y Q. 559.19 para Ethiprole combinado con Imidacloprid a dosis de 1.5 L/ha y 2.0 L/ha, respectivamente.

Al comparar ambas TMR se puede notar que existe un incremento de Q. 88.62 a favor de la dosis de 1.5 L/ha, esto debido a que los costos para la dosificación de 2.0 L/ha fueron mayores; por lo que ese incremento en el beneficio se puede magnificar en base al rendimiento y área cultivada de café.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones de la investigación y a través de los resultados obtenidos, la combinación de las moléculas Ethiprole e Imidacloprid a dosis de 2.0 L/ha demostró tener eficacia positiva para el control de *Hypothenemus hampei*; mostrando los valores de eficacia Abbott mayores al 89 %, manteniendo la población de broca a través del tiempo y con valores menores al 1 % de grano de café vano.
2. Por medio del cálculo de la Tasa Marginal de Retorno se demuestra que Ethiprole en combinación con Imidacloprid a dosis de 1.5 L/ha es rentable porque según el análisis económico se puede recuperar la inversión realizada y adicionalmente retornan Q. 647.81.
3. Entonces la combinación de moléculas Ethiprole e Imidacloprid tiene resultados positivos en campo para el control de la broca de café, pudiendo controlar la población de esta plaga; y es económicamente rentable aplicar estas moléculas en el manejo agronómico del café.

## 2.8 RECOMENDACIONES

1. Para la situación de la Finca Capetillo, San Juan Alotenango, Sacatepéquez y bajo las condiciones de campo en que se realizó la investigación, se recomienda realizar evaluaciones con productos fitosanitarios similares en aplicaciones tempranas, para conocer el efecto que puedan tener sobre la población de broca de café.
2. Además, se recomienda utilizar la combinación de las moléculas Ehtiprole e Imidacloprid a dosis de 2.0 L/ha como una alternativa para el control de *Hypothenemus hampei* porque presenta buenos resultados y poder integrarlo en un Manejo Integrado de la Broca de café.



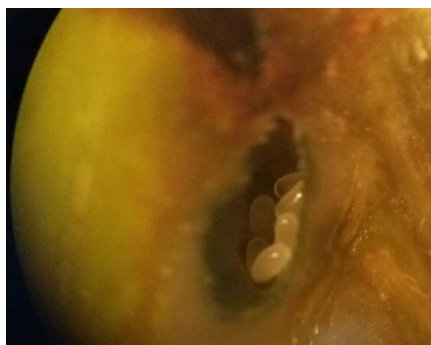
## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Alonzo-Padilla, F. 1983. La broca y su control. Guatemala, IICA/PROMECAFE. 55 p.
2. Alzate, V. 1993. Rendimiento y porcentaje de infestación del café cereza atacado por broca. CENICAFE, Chinchiná, 14 p.
3. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2017. Fluctuación poblacional de la broca del fruto del cafeto en una plantación comercial. Guatemala. 8 p.
4. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2017. Las plagas del café y su control. 7 p.
5. Andujar, A; Barranco, P; Belda, JE. Cabello; T. Carreño, R. 1997. Análisis de eficacia de productos fitosanitarios. Phytohemeroteca no. 92:7.
6. BANGUAT (Banco de Guatemala, Guatemala). 2017. Guatemala en cifras. 72 p.
7. Bustillo, Á. 2007. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca de café en Colombia. 2 ed. Caldas, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones del Café -CENICAFÉ-. 40 p.
8. Busvine, J. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides. Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux. 345 p.
9. Campos, O. 2016. Acciones para prevenir pérdidas por el ataque de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Guatemala, Asociación Nacional del Café, Boletín Técnico no. 16. 5 p.
10. Campos, O. 2016. Elaboración de trampas para la captura de broca de café. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Centro de Investigaciones en café. 13 p.
11. Cardenas, MC; Marcano, R; Giraldo, H; Aquino, A. 2007. Biología de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) bajo condiciones de campo. Entomotrópica: Revista Internacional para el Estudio de la Entomología Tropical 22(2):49-55 p.
12. Fajardo, I.; Sanz, J. 1999. Dinámica en los procesos de beneficio tradicional y ecológico, de los granos afectados por la broca del café. Revista CENICAFÉ 50 (2): 136-144 p.
13. FAO, Italia. 2013. Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos

peligrosos objeto de comercio internacional. Roma, Italia, Secretaría de Rotterdam. 58 p.

14. Harrington, L. 1982. Ejercicios sobre el análisis económico de datos agronómicos. México, CIMMYT. 69 p.
15. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México). 2016. Ficha técnica broca del café *Hypothenemus hampei*. 38 p.
16. SIB (Superintendencia de Bancos, Guatemala). 2011. Sector cafetalero: Análisis de sectores económicos. Guatemala. 30 p.
17. WCR (World Coffee Research, Estados Unidos). 2018. Las variedades de café arábica: Un catálogo global que abarca: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Kenia, Malawi, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Rwanda, Uganda, Zambia, Zimbabue. Portland, Estados Unidos. 72 p.

## 2.10 ANEXOS



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 18A. Huevos de *Hypothenemus hampei* en grano brocado, en San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 19A. Larva de *Hypothenemus hampei*, en grano brocado en San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 20A. Prueba de flotación de grano, San Juan Alotenango, Sacatepéquez, Guatemala, 2018.





### **3. CAPÍTULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
AGRONÓMICO DE BAYER S.A.**



### 3.1 PRESENTACIÓN

Adicional al diagnóstico y la investigación, durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) se realizaron servicios que fueron de utilidad para el departamento de Desarrollo Agronómico y para los agricultores. Los servicios estuvieron enfocados en dos cultivos: caña de azúcar y plátano.

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es actualmente una de las actividades económicas más importantes del país. Para el año 2015 el cultivo de caña se extendía por más de 280 mil hectáreas ubicadas principalmente en la boca costa, costa y litoral del pacífico de Guatemala, en departamentos como Escuintla, Santa Rosa, Retalhuleu, entre otros. Al igual que todo cultivo cuenta con limitantes en su producción, una de las más importantes es la presencia de malezas; las cuales son plantas que interfieren con el crecimiento y desarrollo del cultivo compitiendo por agua, luz, nutrientes y espacio. Muchas especies consideradas malezas están presentes en las zonas productivas de caña de azúcar, consideradas como las principales caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), coyolillo (*Cyperus* spp.), otras.

Por otra parte se encuentra el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) un cultivo que para países tropicales y subtropicales como lo es el nuestro, es importante porque es producido para su exportación; para el año 2008 Guatemala exporto cerca de U.S\$ 500 millones hacia Estados Unidos. Una de las grandes zonas plataneras del país se ubica en el parcelamiento de La Blanca, departamento de San Marcos; en donde se tiene registro que para el año 2012 se cultivaban más de 1600 hectáreas de plátano, sin embargo debido a las altas condiciones de temperatura y humedad el cultivo se ha visto afecta por plagas dentro de las que se destaca principalmente los ácaros del género *Tetranychus*. Es por lo que empresas como Bayer S.A. intentan dar soluciones a los problemas fitosanitarios que se presentan en la agricultura nacional. A continuación se presentan dos servicios realizados en estos cultivos de importancia.

### **3.2 Servicio 1:**

**Evaluación del efecto post-emergente de Skol 60 WG para el control de Coyolillo (*Cyperus* spp.), en el cultivo de caña de azúcar, Escuintla, Guatemala**

#### **3.2.1 OBJETIVOS**

##### **3.2.1.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto post-emergente de Skol 60 WG para el control de coyolillo (*Cyperus* spp.) en el cultivo de caña de azúcar, Escuintla, Guatemala.

##### **3.2.1.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar la mejor dosis de Skol 60 WG para el control de coyolillo (*Cyperus* spp.)
2. Determinar el riesgo de fitotoxicidad de Skol 60 WG sobre la caña de azúcar para los tratamientos evaluados.



### 3.2.2 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la evaluación del herbicida Skol 60 WG para el control de *Cyperus* spp., en el cultivo de caña de azúcar fue la siguiente:

#### 3.2.2.1 Croquis de campo

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar utilizando siete tratamientos y tres bloques, distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 17. Croquis de campo mostrando la distribución espacial de los tratamientos.



| B3 | B2 | B1 |
|----|----|----|
| T3 | T2 | T6 |
| T1 | T7 | T5 |
| T6 | T3 | T4 |
| T4 | T5 | T1 |
| T7 | T4 | T7 |
| T5 | T1 | T3 |
| T2 | T6 | T2 |

Fuente: elaboración propia

#### 3.2.2.2 Tratamientos utilizados

Los tratamientos utilizados son productos elaborados por medio de la síntesis química, siendo estos los siguientes:

Cuadro 18. Tratamientos utilizados para la evaluación de Skol 60 WG.

| No. | TRATAMIENTOS           | INGREDIENTE ACTIVO     | DOSIS/Ha      |
|-----|------------------------|------------------------|---------------|
| 1   | UTC (Testigo)          | ---                    | ---           |
| 2   | Sempre 75 WG + Carrier | Halosulfuron metil 75% | 100 g + 0.5L  |
| 3   | Skol 60 WG + Carrier   | Ethoxysulfuron 60%     | 200g + 0.5L   |
| 4   | Skol 60 WG + Carrier   | Ethoxysulfuron 60%     | 250g + 0.5L   |
| 5   | Skol 60 WG + Carrier   | Ethoxysulfuron 60%     | 300g + 0.5L   |
| 6   | Skol 60 WG + Imbirex   | Ethoxysulfuron 60%     | 250g + 1cc/L* |
| 7   | Skol 60 WG + Vegetoil  | Ethoxysulfuron 60%     | 250g + 0.5L   |

\*Imbirex se aplicó a 1 cc por litro de mezcla.

Fuente: elaboración propia, 2018.

### 3.2.2.3 Aplicación de los tratamientos y unidades experimentales

Se realizó una sola aplicación a los 30 días después del corte de caña, dirigida al espacio entre surcos conocido como “mesa” en donde se encontraba la mayor cobertura de *Cyperus* spp. Se utilizó un volumen de agua de 150 L/Ha y pH de 5.34.

El equipo utilizado para la aplicación de los tratamientos fue:

- Bomba MATABI de 16 L.
- Regulador de presión a 3 bar.
- Boquilla de abanico 11002.
- Equipo de Protección Personal.

Los datos climáticos durante la aplicación fueron determinados mediante el instrumento Pocket Wind, siendo los siguientes:

- Temperatura: 30.8 °C

- % Humedad Relativa: 64 %
- Velocidad promedio del viento: 2.9 km/h



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 21. Aplicación de los tratamientos dirigidos a la mesa.

La evaluación consto de 21 unidades experimentales o parcelas, cada una de ellas con 6 surcos, 1.8 m entre surcos y 10 m de longitud; para un área por parcela de 108 m<sup>2</sup>, y un área total del ensayo de 2,268 m<sup>2</sup>.

#### 3.2.2.4 Muestreo sistemático

Se realizó un total de siete muestreos, iniciando el día de la aplicación; es decir a los 0 días después de la aplicación (DAA = “days after application”). Los muestreos se hicieron de la siguiente manera:

- Se ubicó la “mesa” entre los surcos 3 y 4.
- Se midió 5 metros desde el inicio de la parcela y se colocó un cuadratín de 1 m<sup>2</sup> para así determinar el porcentaje de cobertura de *Cyperus* spp. (ver anexos).
- Y se observó si el cultivo de caña mostraba sintomatología de fitotoxicidad, para lo cual se utilizó el cuadro 5.

Cuadro 5. Escala de Fitotoxicidad

| Escala 1-6 | +/- Clasificación | Color | Seguridad del cultivo | Definición                         |
|------------|-------------------|-------|-----------------------|------------------------------------|
| 1          | ++++              | ++++  | Excelente             | Sin Daño                           |
| 2          | +++               | +++   | Buena                 | Daño muy leve                      |
| 3          | ++                | ++    | Satisfactorio         | Daños aún aceptables               |
| 4          | +                 | +     | Marginal              | Daños por lo general no aceptables |
| 5          | -                 | -     | Insuficiente          | Daños inaceptables                 |
| 6          | 0                 | 0     | No selectiva          | Daño total al cultivo              |
|            | ne                | ne    | No han sido evaluados |                                    |

Fuente: Bayer S.A., 2018.

### 3.2.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se hizo por medio de la herramienta SCOUT y Microsoft Excel, realizando el Análisis de Varianza (ANDEVA) para el porcentaje de cobertura de *Cyperus* spp. para las medias de cada uno de los tratamientos.

### 3.2.3 RESULTADOS

#### 3.2.3.1 Porcentaje de cobertura de *Cyperus* spp.

Durante la investigación se realizaron muestreos, aproximadamente cada siete días. Con esos datos se pudo construir la gráfica de dinámica poblacional del coyolillo que se presenta a continuación.

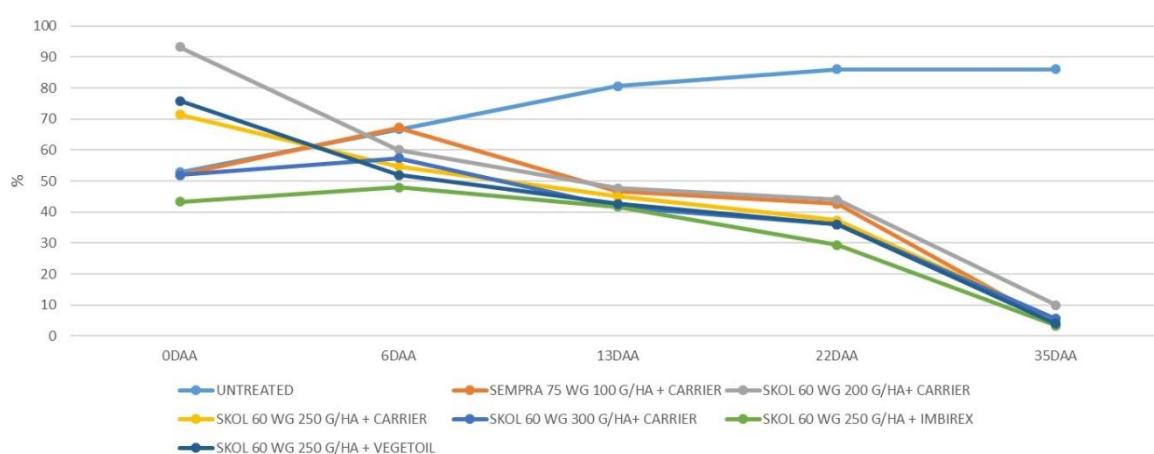


Figura 22. Dinámica de la cobertura de *Cyperus* spp. durante la evaluación.

Como se observa en la figura 22, el testigo absoluto presento una pendiente positiva lo que nos quiere decir que la población de coyolillo fue en aumento; comenzando por un 50 % hasta alcanzar un 90 % de cobertura. Mientras que Skol 60 WG en las tres dosis evaluadas, mostro un buen desempeño porque pudo reducir la población inicial de coyolillo hasta aproximadamente un 10 %.

#### 3.2.3.1.1 Análisis de la varianza para el porcentaje de cobertura de *Cyperus* sp.

En el siguiente cuadro se muestra el Análisis de la Varianza para los datos obtenidos.

Cuadro 19. ANDEVA para porcentaje de cobertura de *Cyperus* sp.

| Fuente      | GL | SC         | CM         | F      | Prob (F) |
|-------------|----|------------|------------|--------|----------|
| Total       | 20 | 17544.5714 |            |        |          |
| Replica     | 2  | 104        | 52         | 1.012  | 0.3926   |
| Tratamiento | 6  | 16823.9048 | 2803.98413 | 54.564 | 0.0001** |
| Error       | 12 | 616.666667 | 51.388889  |        |          |

La prueba se realizó con el 95 % de confiabilidad, esto muestra que la Prob (F), es menor 0.05 por lo que si existe diferencia significativa; es decir que al menos uno de los tratamientos presenta diferencia significativa sobre la población de *Cyperus* sp. Por lo que se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey para determinar si existe diferencia estadística entre tratamientos.

### 3.2.3.1.2 Prueba de medias de Tukey

Cuadro 20. Prueba de Tukey para porcentaje de cobertura de *Cyperus* sp.

| No. | Tratamiento                     | Medias | Grupo |
|-----|---------------------------------|--------|-------|
| 1   | Testigo Absoluto                | 86     | A     |
| 2   | Sempre 75 WG 100 g/Ha + Carrier | 3.67   | B     |
| 3   | Skol 60 WG 200 g/Ha + Carrier   | 10     | B     |
| 4   | Skol 60 WG 250 g/Ha + Carrier   | 5.33   | B     |
| 5   | Skol 60 WG 300 g/Ha + Carrier   | 5.67   | B     |
| 6   | Skol 60 WG 250 g/Ha + Imbirex   | 3.33   | B     |
| 7   | Skol 60 WG 250 g/Ha + Vegetoil  | 4      | B     |

Las medias que se ubican en un mismo grupo no son estadísticamente diferentes. Es por eso que podemos notar que el único tratamiento diferente es el Testigo Absoluto, agrupándose en la letra “A” con una media de 86 % de cobertura de coyolillo. Mientras que las moléculas y dosificaciones evaluadas son estadísticamente iguales; agrupadas en el grupo “B”. Lo que nos dice que los resultados son estadísticamente los mismos al aplicar cualquiera de los seis tratamientos, por lo que las tres dosis de Skol 60 WG evaluadas presentan el mismo efecto de control sobre la población de *Cyperus* sp.

### 3.2.3.2 Área bajo la curva del porcentaje de cobertura de *Cyperus* spp

En la figura 23, se muestra que existe diferencia significativa entre la aplicación de algunos de los tratamientos y el testigo absoluto. Más sin embargo todos los tratamientos son estadísticamente iguales por lo que no existen diferencia significativa entre ellos.

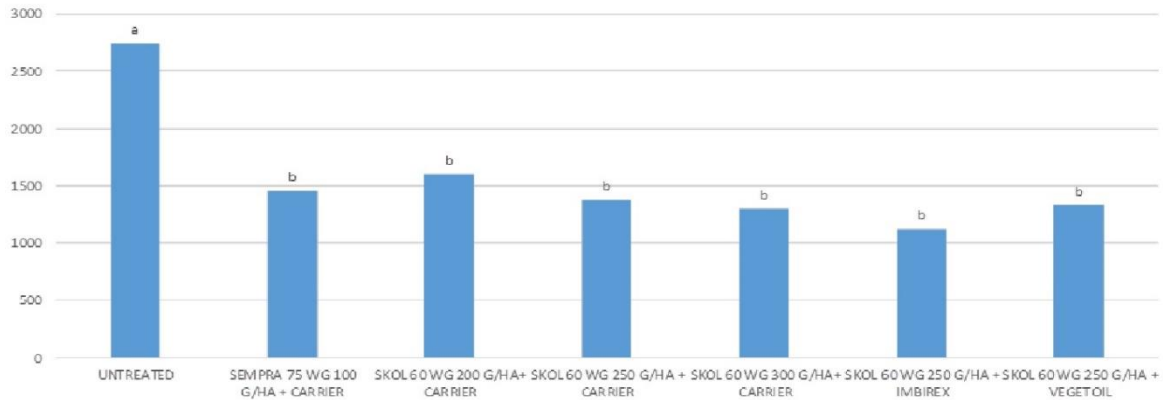


Figura 23. Área bajo la curva del porcentaje de cobertura de *Cyperus* spp.

### 3.2.3.3 Eficacia Abbott

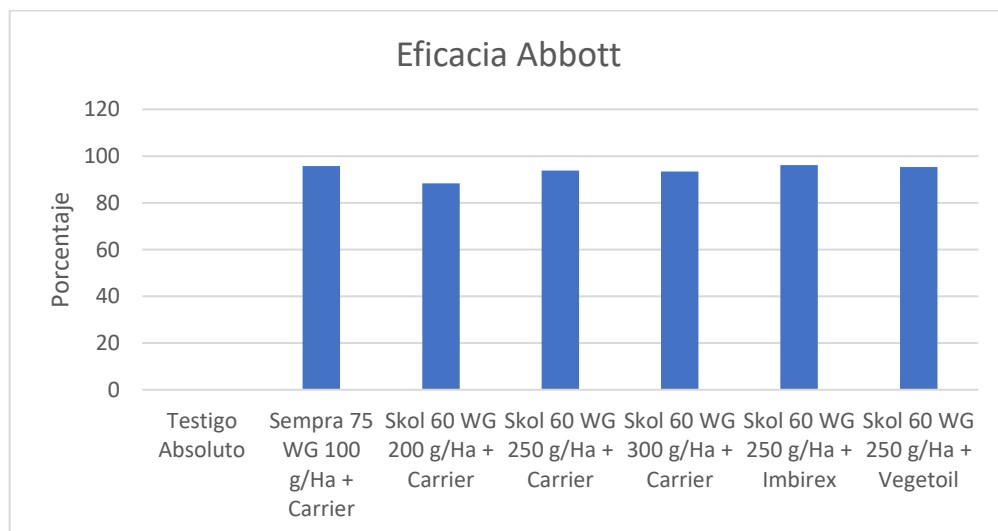


Figura 24. Eficacia Abbott de los tratamientos sobre *Cyperus* sp.

A través de la metodología de Abbott se pudo determinar la eficacia de las moléculas sobre el coyolillo (*Cyperus* sp.) mostrando que las moléculas y dosificaciones evaluadas presentaron eficacias mayores al 85 %, por lo que sí pudieron controlar la población de coyolillo.

3.2.3.4 Fitotoxicidad sobre el cultivo de caña de azúcar

En base al cuadro 3 de escala de fitotoxicidad, se puede notar que todos los tratamientos están en la escala 1, por lo que la aplicación de algunos de los tratamientos evaluados no ocasiona fitotoxicidad al cultivo de caña de azúcar.

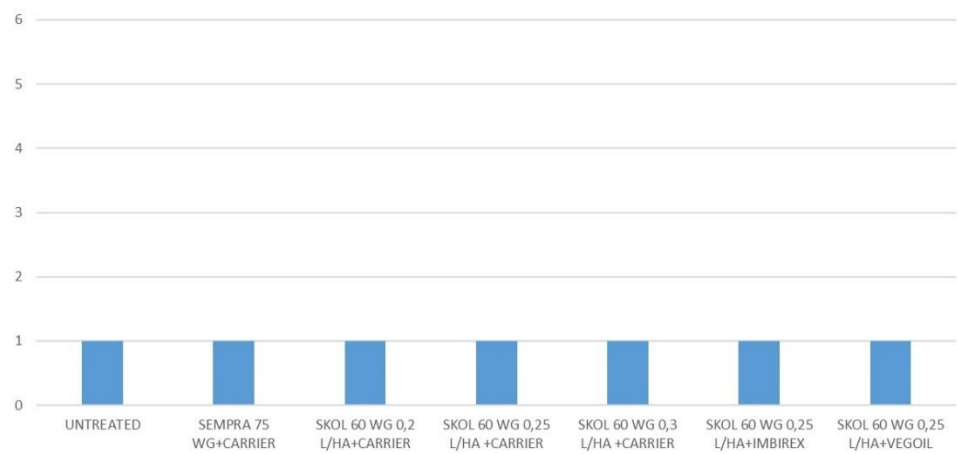


Figura 25. Fitotoxicidad de los tratamientos sobre la caña de azúcar.



### 3.2.4 CONCLUSIONES

Estadísticamente no se pudo determinar la mejor dosis de Skol 60 WG debido a que no existió diferencia en su análisis de varianza sobre la cobertura de *Cyperus* spp., sin embargo se notó que la dosis de 250 g/ha combinado con el adyuvante Imbirex; presento los valores más bajos, de 1100 unidades en el área bajo la curva.

Durante la investigación no se observaron efectos fitotóxicos por parte de los productos utilizados sobre la caña de azúcar, por lo que se puede decir que dichas moléculas son selectivas al cultivo a las dosificaciones evaluadas.

### 3.2.5 EVALUACIÓN

Para la empresa Bayer S.A., el producto Skol 60 WG puede representar una fuente importante de ingresos a través de la agroindustria azucarera, por que el producto puede controlar de manera eficaz el coyolillo y es selectivo al cultivo de caña de azúcar ya que no presento fitotoxicidad, como se muestra en la figura 23.

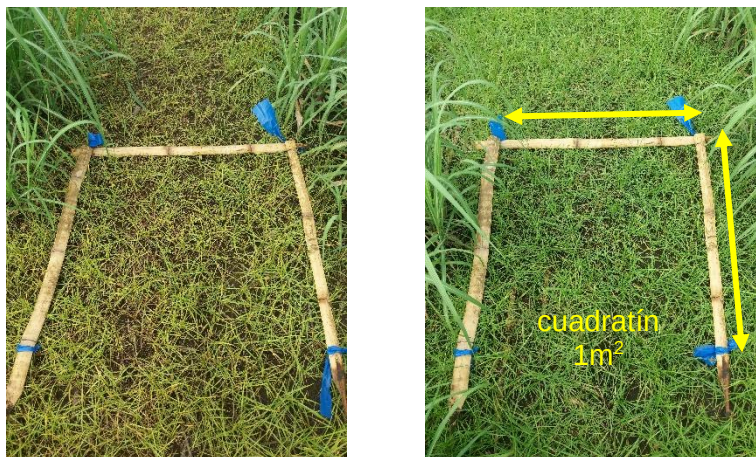
De los resultados obtenidos durante los muestreos realizados a través de los 35 días de evaluación, se pudo graficar la dinámica de la cobertura de *Cyperus* spp., a través del tiempo. En donde se puede notar que a partir de los 6 días después de la aplicación los tratamientos presentan una pendiente negativa hasta los 35 días, mostrando de esta forma el efecto de control post-emergente de las tres dosis evaluadas que tuvo Skol 60 WG.

El efecto post-emergente del herbicida Skol 60 WG a dosis de 200 g, 250 g y 300g se presentó como amarillamiento en las hojas e interrupción del crecimiento de zonas meristemáticas, ya que pertenece al grupo químico de Sulfonilureas intervino en la síntesis proteica y crecimiento celular, por lo que a los 35 días después de la aplicación se pudo reducir hasta un 10% la cobertura del *Cyperus* spp.

Cabe mencionar que es importante el manejo del pH del agua ya que es un herbicida sistémico, además de agregar adherentes como Carrier, Imbirex o Vegetoil durante época lluviosa o si existe riego por aspersión para que el producto no se pierda por efecto del agua. Además, que la adición de coadyuvantes permite una mejor penetración a través de la cutícula cerosa del coyolillo.

Para los ingenios azucareros Skol 60 WG representa ser una buena herramienta para el control de *Cyperus* spp., en momento de post-emergencia. Por el que producto tiene la capacidad de impedir el crecimiento de coyolillo, y no representa perdidas en el cultivo de caña de azúcar porque no afecta su fisiología.

### 3.2.7 ANEXOS



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura 26A. Efecto post-emergente de Skol 60 WG a 250 g/ha a los 22 DAA vs. Testigo absoluto.

### **3.3 Servicio 2:**

**Determinación taxonómica del género de ácaro que afecta el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en La Blanca, San Marcos.**

#### **3.3.1 OBJETIVOS**

##### **3.3.1.1 Objetivo General**

Determinar el género de ácaro que afecta el follaje del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en La Blanca, San Marcos.

#### **3.3.2 METODOLOGÍA**

##### **3.3.2.1 Colecta de muestras vegetales**

Se colectaron muestras vegetales, para objeto de estudio se utilizaron la tercer y cuarta hoja del plátano. En donde se presentó la mayor población de ácaro y daño foliar, siendo este: escaldaduras de café-rojizo ubicadas en el envés de la hoja y cercano a la nervadura central, como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Daño ocasionado por colonias de ácaro en hoja de plátano.

La colecta de las muestras vegetales fue en fincas productoras de plátano ubicadas en el parcelamiento de La Blanca, municipio de Ocos, San Marcos. Para su preservación se utilizó bolsas humedecidas de papel Kraft y llevadas posteriormente para su análisis en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la USAC.

### **3.3.2.2 Observación y montaje microscópico**

Para la observación del ácaro, en campo se utilizó un estereoscopio de bolsillo con aumento de 60X; en donde se pudo observar las colonias de ácaro en la hoja de plátano como se muestra en la figura 28.



Figura 28. Observación de adultos y huevecillos de ácaro, aumento 60X.

Posteriormente se acudió al laboratorio de Entomología FAUSAC para realizar el montaje microscópico, en este se utilizaron los siguientes materiales:

- Microscopio compuesto.
- Estereoscopio.
- Solución de Hoyer.
- Porta objetos, cubre objeto, pinzas, agujas de disección.
- Muestras vegetales de plátano.

Se utilizaron secciones de las muestras de hojas de plátano en donde se observó daño foliar, se colocó en el estereoscopio con aumento de 60X para localizar los ácaros.

Posteriormente se colocó una gota de la solución de Hoyer en el porta objetivos, seguido del ácaro y el cubreobjeto; por último, se colocó en el microscopio compuesto a un aumento de 100X y se observaron las características morfológicas del ácaro.

### 3.3.2.3 Identificación del género de ácaro

Para la identificación del género de ácaro se utilizó la clave taxonómica propuesta por Ernesto Doreste en su libro Acarología del año 1,988. Se utilizó el anexo 5 de las páginas 247 a 254, y 341 a 342.

### 3.3.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Mediante la observación del montaje microscópico se determinó que el género de ácaro que afecta el follaje del cultivo de plátano es *Tetranychus* spp., como se muestra en la figura 29. Este ácaro se reproduce y desarrolla con facilidad en condiciones de altas temperatura y humedad.



Figura 29. Hembra de *Tetranychus* observada a 100X.

- En el cuadro 21, se encuentra la clave taxonómica utilizada para la identificación del género de ácaro.

Cuadro 21. Descripción taxonómica del género *Tetranychus* spp.

| NUMERAL | DESCRIPCIÓN                                                                                       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1'      | Empodio ausente de pelos                                                                          |
| 24'     | Tarso 1 con dos pares de setas                                                                    |
| 28'     | Histerosoma con cuarta seta dorso-central en posición dorsal normal                               |
| 30'     | Con un par de setas paraanales                                                                    |
| 40'     | Empodio dividido distalmente, con 2 pares de setas en tarso 1...<br><i>Tetranychus</i> (Dxxufour) |

### 3.3.4 CONCLUSIONES

El género de ácaro que afecta el follaje del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la Blanca, departamento de San Marcos es el género *Tetranychus* spp.

### 3.3.5 EVALUACIÓN

A través del estudio del género de ácaro que afecta el cultivo de plátano en La Blanca, San Marcos; se han obtenido logros como la identificación del género *Tetranychus* sp., el cual habita y se reproduce en el follaje del cultivo; ocasionando daños directos sobre la producción de plátano. Para los agricultores es ideal conocer la plaga que afecta a su cultivo y así dirigir planes de control químico, utilizando las herramientas adecuadas, para disminuir la población de ácaro en el plátano. Para la empresa Bayer S.A., representa una ventana de oportunidad de posicionar acaricidas en la zona platanera, y contribuir con el desarrollo agrícola del cultivo.

### 3.3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Doreste, E. 1988. Acarología. Costa Rica, IICA. 410 p
2. Espinoza, G; López, K; Ortiz, A; Cerón, C; Molina, I; Corado, M; Callejas, A. 2017. Coadyuvantes y su influencia en el control de *Cyperus rotundus* en caña de azúcar. *In* Memoria. Presentación de resultados de investigación, zafra 2016-2017. Guatemala, CENGICANA. p. 386-394.
3. Espinoza, JG; Acan, J; Montepeque, R; Pérez, C; Mejía, M. 2011. Evaluación de mezclas de herbicidas para el control de coyolillo (*Cyperus rotundus*) en caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Guatemala, CENGICANA. (Pesquisa Técnica).