

ZAMORANO

Escuela Agrícola Panamericana

Departamento de Protección Vegetal

**EVALUACION DE LA EFICACIA DE TRES PRODUCTOS
COMERCIALES DEL HONGO *Beauveria bassiana* y “THIODAN”
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Agrónomo en el grado académico de licenciatura**

por

LEX RICARDO SANDOVAL ORTIZ

**ZAMORANO-HONDURAS
Diciembre-1997**

Escuela Agrícola Panamericana
Departamento de Protección Vegetal

**EVALUACION DE LA EFICACIA DE TRES PRODUCTOS
COMERCIALES HONGO *Beauveria bassiana* Y “THIODAN”, PARA
EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE.**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Agrónomo en el grado académico de licenciatura**

por

LEX RICARDO SANDOVAL ORTIZ

ZAMORANO-HONDURAS
Diciembre-1997

El autor concede al Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

LEX RICARDO SANDOVAL ORTIZ

Zamorano, Honduras, Diciembre 1997

**EVALUACION DE LA EFICACIA DE TRES PRODUCTOS
COMERCIALES DEL HONGO *Beauveria bassiana* Y “THIODAN”,
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE**

Por

Lex Ricardo Sandoval Ortíz

Aprobada:

Mario Bustamante, M.Sc.
Asesor principal

Michael Zeiss, Ph.D.
Coordinador PIA

Michael Zeiss, Ph.D.
Asesor

Allan J. Hruska, Ph. D.
Jefe de Departamento

Odilo Duarte, Ph. D.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano académico

Nelson Montoya, M.Sc.
Asesor

Keith Andrews, Ph. D.
Director

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo con mucho cariño a mi madre Ana Ortíz, ya que sin sus oraciones y peticiones yo no hubiera llegado a culminar mi carrera.

A mi hermana Adrianita, ya que ella vino a llenar lo que faltaba en mi corazón.

A mi padre Baudilio Sandoval, quién ha sido un fiel ejemplo para mí, de la lucha por alcanzar los objetivos que uno se propone en la vida.

A mis abuelos Ricardo (D.G.R) y Elba (D.G.R), por ser mis primeros profesores y los mejores de mi vida.

A mis hermanos Gerson y Jeniffer.

A mis familiares, compañeros y amigos.

¡Gracias por todo!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme otra oportunidad de vida, y mantenerme con fuerzas para seguir adelante.

A mis padres Baudilio Sandoval y Ana Ortíz, por su apoyo durante mi carrera.

Al Instituto Hondureño para las Investigaciones del Café (IHCAFE), por toda la ayuda prestada, especialmente a los ingenieros Mario Palma, Raul Muñoz y Hector Zelaya.

A la empresa Caffati, por la ayuda brindada, especialmente al Ing. Nelson Pagoada.

Al Dr. Allan Hruska, por ayudarme en la tesis y por su amistad.

A Don Mario, por sus sabios consejos, amistad y apoyo brindado. Muchas gracias Don Mario!.

Al Dr. Mike Zeiss, por ser el asesor que me fue guiando, incluso antes de comenzar a estudiar el Programa de Ingeniería Agronómica.

Al Dr. Odilo Duarte, por su amistad y ayuda prestada en la realización de la tesis.

Al Ing. Nelson Montoya, por su confianza, amistad y ayuda en los cuatro años de estudio y en la realización de la tesis.

Al Dr. Falguni Guharay y a las empresas Agrevo, Tecni-Consult, Mycotech por el suministro de los productos.

Un reconocimiento especial a la señora Nolvía Ramos, por su entrega total a la formación profesional de los estudiantes del Departamento de Protección Vegetal.

A José Guevara, Alfredo Rueda, Dinnie de Rueda, Mario Ramírez, Nora Estrada, Lourdes Gaitán, Rogelio Trabanino, Héctor Cubas, Jofiel Jirón, por su amistad, apoyo y consejos durante mi estadía en El Zamorano.

A mis compañeros René Barrientos, Francisco Ibarra, Fidel Méndez, Enrique Duarte, Alvaro Pérez, Cesar Terán, Carlos Arias, José Gonzales, Iván Borja; por ser más que compañeros, gracias por su amistad y sinceridad durante todo el tiempo que compartimos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Quiero agradecer de manera muy especial a La Junta Directiva de la Fundación Salvadoreña para las Investigaciones del Café (PROCAFE), por haberme financiado los cuatro años de estudios en Zamorano, tanto del programa de Agrónomo como del programa de Ingeniero Agrónomo. Mil gracias!

Al Lic. Rene Martínez, gerente general de PROCAFE, por haberme ayudado en todo momento en la obtención de financiamiento, para realizar mis estudios.

Al Ing. Manuel Vega, Jefe del Departamento de Protección Vegetal de PROCAFE, por sus consejos, amistad y haberme proporcionado el material de evaluación.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fué determinar la eficacia del hongo *Beauveria bassiana* en tres formulaciones y el insecticida “Thiodan” (endosulfan) para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr. Coleoptera: Curculionidae) en base a las variables porcentaje de mortalidad y porcentaje de micelio.

Se realizaron cuatro ensayos en el Departamento de Protección vegetal del Zamorano en los meses de agosto a octubre. Los ensayos se distinguieron por las dosis y los métodos de aplicación. El primero consistió en usar una dosis baja de los tratamientos y su aplicación por inmersión. El segundo en dosis baja por aspersión, el tercero en dosis alta por inmersión y el cuarto en dosis alta por aspersión.

Los productos a base del hongo mostraron porcentajes de germinación superiores al 90%, antes de ser usados en la aplicación de tratamientos. En cada ensayo se usó un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en 10 brocas dentro de un plato petri. La interacción tratamiento por fecha fué altamente significativa, por lo que el análisis estadístico se hizo para cada fecha. El análisis mostró que existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Para la variable porcentaje de mortalidad de las brocas los productos “Thiodan” y “Mycotrol” fueron estadísticamente superiores y no hubo diferencia significativa a partir de la segunda fecha en los cuatro ensayos. Con el producto “Conidia” se tuvieron resultados aceptables y es promisorio, pero su efecto es más lento que el de “Mycotrol” y “Thiodan”. “Brocaril” reveló buenos resultados el quinto día. En cuanto al porcentaje de desarrollo de micelio sobre brocas muertas, en los cuatro ensayos “Mycotrol” fué estadísticamente superior a “Conidia” y “Brocaril”, ya que tuvo los porcentajes de micelio más altos y en menor tiempo, “Conidia” presentó un porcentaje alto y “Brocaril” presentó los porcentajes de micelio mas bajos. El tratamiento más recomendado después de hacer un análisis de costos fué “Thiodan”, ya que presenta los mayores porcentajes de mortalidad a bajo costo.

CONTENIDO

| | Página |
|--|---------------|
| PORTADILLA..... | i |
| DERECHOS DE AUTOR..... | ii |
| PAGINA DE FIRMAS..... | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES..... | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| CONTENIDO..... | viii |
| INDICE DE CUADROS..... | x |
| INDICE DE FIGURAS..... | xii |
| INDICE DE ANEXOS..... | xiii |
| | |
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| | |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.1.2. Objetivos específicos..... | 2 |
| | |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 3 |
| | |
| 2.1. EL CULTIVO DEL CAFE <i>Coffea arabica</i> | 3 |
| 2.1.1. Origen y distribución..... | 3 |
| 2.1.2. Fisiología del cultivo del café..... | 3 |
| 2.2. LA BROCA DEL CAFE..... | 4 |
| 2.2.1. Clasificación taxonómica..... | 4 |
| 2.2.2. Ciclo de vida..... | 4 |
| 2.2.2.1. Huevo..... | 4 |
| 2.2.2.2. Larva..... | 4 |
| 2.2.2.3. Pupa..... | 5 |
| 2.2.2.4. Adulto..... | 5 |
| 2.2.3. El problema de la broca..... | 5 |
| 2.2.4. Control químico de la broca..... | 5 |
| 2.2.5. Control de la broca con <i>Beauveria bassiana</i> | 6 |
| 2.2.5.1. Origen y distribución..... | 6 |
| 2.2.5.2. Descripción..... | 6 |
| 2.2.5.3. Usos en agricultura..... | 7 |

| | |
|--|-----------|
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 8 |
| 3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO..... | 8 |
| 3.2. INSECTOS UTILIZADOS..... | 8 |
| 3.3. CONCENTRACION Y VIABILIDAD DE PRODUCTOS BIOLOGICOS..... | 8 |
| 3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y APLICACION DE TRATAMIENTOS..... | 9 |
| 3.5. CRITERIOS DE DECISION PARA USAR LOS TRATAMIENTOS..... | 10 |
| 3.6. ANALISIS DE DATOS..... | 10 |
| | |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 12 |
| 4.1. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS BAJA Y APLICACION POR INMERSION.. | 13 |
| 4.1.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad..... | 13 |
| 4.1.2. Evaluación del porcentaje de desarrollo de micelio..... | 14 |
| 4.2. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS BAJA Y APLICACION POR ASPERSION.. | 16 |
| 4.2.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad..... | 16 |
| 4.2.2. Evaluación del porcentaje de desarrollo de micelio..... | 18 |
| 4.3. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS ALTA Y APLICACION POR INMERSION.. | 19 |
| 4.1.3.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad..... | 19 |
| 4.1.3.2. Evaluación del porcentaje de desarrollo de micelio..... | 21 |
| 4.4. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS ALTA Y APLICACION POR ASPERSION.. | 22 |
| 4.4.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad..... | 22 |
| 4.4.2. Evaluación del porcentaje de desarrollo de micelio..... | 24 |
| 4.5. ANALISIS ECONOMICO..... | 25 |
| | |
| V. CONCLUSIONES..... | 27 |
| | |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 28 |
| | |
| VII. LITERATURA CITADA..... | 29 |
| | |
| VIII. ANEXOS..... | 31 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|---|---------------|
| 1. Tratamientos evaluados y sus dosis en los cuatro ensayos..... | 10 |
| 2. Porcentajes de mortalidad de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis baja por inmersión..... | 13 |
| 3. Porcentajes de micelio de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis baja por inmersión..... | 15 |
| 4. Porcentajes de mortalidad de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis baja por aspersión..... | 17 |
| 5. Porcentajes de micelio de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis baja por aspersión..... | 18 |
| 6. Porcentajes de mortalidad de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis alta por inmersión..... | 20 |
| 7. Porcentajes de micelio de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis alta por inmersión..... | 21 |
| 8. Porcentajes de mortalidad de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis alta por aspersión..... | 23 |
| 9. Porcentajes de micelio de broca, cinco días después de la aplicación de tratamientos, dosis alta por aspersión | 24 |
| 10. Cuadro comparativo de costos que varían, utilizando dosis del fabricante y porcentaje promedio total de mortalidad..... | 26 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis baja y aplicación por inmersión..... | 14 |
| 2. | Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis baja y aplicación por inmersión..... | 16 |
| 3. | Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis baja y aplicación por aspersion..... | 18 |
| 4. | Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis baja y aplicación por aspersion..... | 19 |
| 5. | Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis alta y aplicación por inmersión..... | 21 |
| 6. | Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis alta y aplicación por inmersión..... | 22 |
| 7. | Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis alta y aplicación por aspersion..... | 24 |
| 8. | Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis alta y aplicación por aspersion..... | 25 |

INDICE DE ANEXOS

| Anexo | Página |
|--|--------|
| 1. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis baja por inmersión..... | 31 |
| 2. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis baja por aspersión..... | 32 |
| 3. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis alta por inmersión..... | 33 |
| 4. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis alta por aspersión..... | 34 |
| 5. Analisis de varianza de los porcentajes de mortalidad y de micelio para los ensayos con dosis baja..... | 35 |
| 6. Analisis de varianza de los porcentajes de mortalidad y de micelio para los ensayos con dosis alta..... | 36 |

I. INTRODUCCION

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es el insecto plaga más importante de la caficultura a nivel mundial (Villalba *et al.*, 1995). Los ataques además de reducir la producción, demeritan la calidad de la almendra por la alteración del sabor de la bebida (Chamorro *et al.*, 1995). Se encuentra en la mayoría de los países productores de café y la única herramienta de control evaluada ha sido el uso de los insecticidas sintéticos y poco o nada se ha hecho para el desarrollo de otras medidas de control (Villalba *et al.*, 1995). La hembra inicia su perforación en la corona del fruto y penetra al endospermo en aproximadamente 6 a 7 horas, donde empieza a depositar los huevos (Pérez *et al.*, 1995).

El control químico de la broca debe realizarse cuando las hembras adultas están volando buscando nuevos frutos o en el proceso de penetración. Lo que se pretende con esta medida es reducir el daño de frutos sanos. Normalmente los frutos de café comienzan a ser susceptibles al ataque de la broca, cuando su peso seco es de 20% o más, lo cual ocurre entre 100 y 150 días después de floración (Montoya, citado por Villalba *et al.*, 1995).

El insecticida más recomendado para el control de la broca en muchos países productores de café es el endosulfan. Sin embargo este insecticida es de alta toxicidad, causa impacto adverso al ecosistema y a la fauna benéfica, y no existen antídotos para tratar casos de envenenamiento (Jiménez, citado por Villalba *et al.*, 1995). Además estudios recientes han demostrado que *H. hampei* puede desarrollar resistencia a endosulfan y que esta resistencia es hereditaria (Villalba *et al.*, 1995).

La importancia de los hongos entomopatógenos como reguladores naturales de poblaciones de insectos ha sido reconocida por muchos años. Factores tales como el aumento de la resistencia de insectos a los insecticidas y los efectos adversos del uso generalizado de los mismos, ha fomentado el uso de hongos entomopatógenos como sustitutos potenciales de los insecticidas sintéticos (Velez y Montoya, 1993).

Se considera que el control de la broca se debe realizar a través de un programa de manejo integrado conformado por varios componentes de control biológico como son el uso del hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y de los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterson (Bustillo, citado por Gonzalez *et al.*, 1993). *B. bassiana* se ha encontrado atacando *H. hampei* en los sitios de origen del café y en los países a donde éste ha sido llevado e introducido (Bustillo, citado por Gonzalez *et al.*, 1993).

El problema de la broca, la presencia del hongo en las plantaciones de café y en los ambientes naturales, el uso constante de insecticidas sintéticos para su control y los resultados obtenidos en estudios de campo y de la patogenicidad del hongo sobre la broca, son las causas de realizar una investigación para estudiar la eficacia de las formulaciones comerciales de *B. bassiana* para controlar la broca del café.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del hongo *Beauveria bassiana* en tres formulaciones de productos microbiológicos y del insecticida “Thiodan” para el control de la broca del café, a nivel de laboratorio.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar cual de las formulaciones evaluadas a nivel de laboratorio causa el mayor porcentaje de mortalidad de las brocas.
2. Determinar cual de los productos microbiológicos evaluados a nivel de laboratorio, causa el mayor porcentaje de desarrollo de micelio sobre brocas.
3. Comparar los costos de las aplicaciones utilizando el insecticida químico y los microbiológicos y realizar un análisis económico para determinar la factibilidad de los diferentes tratamientos.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DEL CAFE *Coffea arabica*

2.1.1. Origen y distribución

El cafeto es una planta perenne, originaria de los altiplanos de Etiopía (África), de donde se dispersó a varios países; en la actualidad existe una amplia variedad de tipos o especies en el mundo (IHCAFE, 1993). Según Carvajal (1984), los países productores son: Brasil, Colombia, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, México, Puerto Rico, Haití, Cuba, Angola, Camerún, Etiopía, Costa de Marfil, Uganda, India e Indonesia.

El género *coffea* incluye unas 80 especies pero solo 2 son las más importantes: *Coffea arabica* L. y *C. canephora* Pierre ex-Frohener. *C. arabica* suple el 75% del café que se consume en el mundo (Carvajal, 1984).

2.1.2. Fisiología del cultivo del café

La temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar y viento, influyen notablemente en el comportamiento de los cafetos. En general se considera como óptimo un promedio anual de temperatura de 20 a 25°C y precipitaciones anuales de 1500 a 2000 mm bien distribuidas. El café responde muy bien a alta humedad relativa y a una altitud de 900 a 1500 msnm en los trópicos (FEDECAFE, 1988).

Las flores del cafeto se forman a partir de la yemas seriadas, localizadas en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas, en 3 fases fisiológicamente determinadas: iniciación floral y diferenciación, un corto período de latencia y antesis o apertura de las yemas (FEDECAFE, 1988).

En la formación del fruto se distinguen 4 etapas bien marcadas: la primera oscila entre 4 y 7 semanas después de la fecundación, es un período donde hay poco crecimiento en peso y volumen. La segunda entre 6 y 16 semanas después de la fecundación, en esta etapa el fruto crece rápidamente en volúmen y peso seco, debido principalmente al crecimiento del pericarpio. La tercera entre 16 y 27 semanas después de la fecundación, internamente ocurre la formación de la materia seca que viene a formar el endospermo de la semilla. Y la última entre 27 y 33 semanas después de la fecundación. Aquí ocurre la maduración caracterizada por un rápido aumento en peso seco y volumen del pericarpio, pérdida de clorofila, producción de etileno y cambio de color (FEDECAFE, 1988).

2.2. LA BROCA DEL CAFE

La broca es la plaga insectil que mayor daño causa al cultivo del café, porque su ataque se dirige al endospermo donde puede reproducirse (Gonzalez *et al.*, 1993).

Los daños causados por la broca, están representados en la pérdida de peso de las almendras al ser atacadas por las larvas, caída de los frutos en estado acuoso y alteración en la calidad de la bebida al beneficiar conjuntamente granos sanos y brocados, que además son contaminados por microorganismos (Gonzalez *et al.*, 1993).

2.2.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la broca es la siguiente: (Cave, 1997 comunicación personal)

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Scolytinae

Género: *Hypothenemus*

Especie: *hampei*

2.2.2. Ciclo de vida

2.2.2.1. Huevo. Es de forma ovalada y liso, recién puesto es hialino y túrgido, al avanzar en su desarrollo se torna amarillento y rugoso con dos puntos oscuros en el extremo que corresponden a las mandíbulas del insecto ya desarrolladas (Ruíz *et al.*, 1996).

2.2.2.2. Larva. Es ápoda de tipo vermiforme, recién emergida es casi recta con una ligera depresión en la parte ventral. En el primer instar tiene una longitud promedio de 1.3 mm. y un ancho promedio de 0.4 mm, la larva es de color blanco y su cabeza de color marrón, a medida que crece el color de la cápsula cefálica se va tornando más hialino, indicando así la proximidad de la muda; en este estado permanece de 5 a 9 días dentro del grano. El segundo instar es el de mayor actividad, la larva incrementa su tamaño y presenta una longitud de 1.70 mm y un ancho promedio de 0.58 mm los segmentos torácicos se engrosan y la larva pierde movilidad para entrar a prepupa, la duración promedio es de 6 días; aquí ocurre la muda con un tiempo promedio de 1.5 días (Ruíz *et al.*, 1996).

2.2.2.3. Pupa. Es de tipo exarata, su desarrollo se lleva a cabo en una cámara pupal, inicialmente es blanca y al avanzar su desarrollo pasa por varias tonalidades amarillas, hasta tornarse de color caramelo. El tamaño de la pupa es de 1.86 mm de longitud y 0.67 mm de ancho este tamaño lo conserva hasta la diferenciación con adulto (Ruíz *et al.*, 1996).

2.2.2.4. Adulto. Tarda de 4 a 9 días para que salga el adulto. El tamaño varía según el sexo. La hembra es más grande que el macho, las hembras adultas son del tamaño de la cabeza de un alfiler, negras, mientras que los machos son de menor tamaño de un color café y no vuelan. El tiempo promedio en completar el ciclo de vida es de 24 a 29 días dependiendo de la temperatura; a medida que aumenta la temperatura la duración del ciclo de vida disminuye (Ruíz *et al.*, 1996).

2.2.3. El problema de la broca

Todas las plantaciones de café de Centro y Sur América, se encuentran actualmente amenazadas por la broca del café, principal devastador de las cerezas del cafeto. Presente en un principio en Kenia, este insecto adoptó las grandes rutas de difusión del cultivo del café para emigrar de África hacia el continente sudamericano, posteriormente Asia. La broca es capaz de sobrevivir durante varios meses y de reproducirse en el endospermo de los frutos (Brun *et al.*, 1989).

La importancia de las amenazas que pesan sobre las plantaciones de café es mayor en la medida en que han sido identificadas brocas resistentes al endosulfan, principal insecticida usado a nivel mundial contra este insecto (Brun *et al.*, 1989). Debido a que todos los grandes países productores de café recurren a un mismo, y único, insecticida en la lucha contra la broca del café, los riesgos de emergencia de una resistencia similar a la de Nueva Caledonia se ha incrementado (Brun *et al.*, 1989).

2.2.4. Control químico de la broca

La literatura mundial sobre el control de la broca del café muestra que este problema se ha enfocado solo a través del uso de insecticidas sintéticos sin considerar el impacto ambiental que puedan causar, ni el efecto sobre la población que vive en las zonas cafeteras (Villalba *et al.*, 1995). El insecticida más recomendado para el control químico de la broca en muchos países productores de café es el endosulfan (Villalba *et al.*, 1995).

En un estudio realizado por Villalba *et al.* (1995), para determinar la eficacia de algunos insecticidas evaluados para el control de la broca del café, se concluyó que los productos: “Lorsban”, “Basudin”, “Thiodan”, “Thionil”, “Sumithion”, “Miral”, “Leyabcid” y “Actellic”, presentaron las mayores eficacias a través del tiempo y no mostraron diferencias significativas.

En conclusión, hay formulaciones que al igual que endosulfan, se pueden utilizar en un programa de manejo integrado de plagas; estas son basadas en los ingredientes activos pirimifos metil, fenitrothion, clorpirifos y fenthion.

2.2.5. Control con *Beauveria bassiana* de la broca

La importancia de los hongos entomopatógenos como reguladores naturales de poblaciones de insectos ha sido reconocida por muchos años (Velez y Montoya, 1993). Factores tales como el aumento de la resistencia de los insectos a los insecticidas sintéticos y los efectos adversos de su uso en el control de plagas, han fomentado el uso de hongos entomopatógenos como sustitutos potenciales de los insecticidas químicos. La infección causada en insectos por hongos entomopatógenos ocurre en forma primaria a través de la cutícula. Por esta razón, esta muy influenciada por las condiciones ambientales (Velez y Montoya, 1993).

La capacidad que muestren las “Conidia”s para mantenerse estables en el campo, es la más importante restricción para el uso efectivo de estos agentes en el control de plagas (Velez y Montoya, 1993)

2.2.5.1. Origen y distribución. En 1835 Agostino Bassi, pionero en recomendar patógenos en el control de plagas descubrió el hongo *Beauveria bassiana* (Cave, 1995).

Beauveria bassiana es uno de los hongos entomopatógenos mas estudiados para el control biológico de muchas plagas (Gonzalez *et al.*, 1993). *B. bassiana* se ha encontrado atacando *H. hampei* en los sitios de origen del café y en los países a donde este ha sido llevado e introducido (Bustillo 1991, citado por Gonzalez *et al.*, 1993).

La incidencia del hongo sobre la broca del café en condiciones de campo varía de un país a otro. Estas diferencias pueden deberse a factores climáticos o a que la broca esta mejor adaptada al hongo en su sitio de origen en el África, pero es susceptible a los aislamientos que encuentra en los nuevos sitios que coloniza. Las condiciones de humedad son óptimas para el desarrollo de la broca pero también para el hongo (Prior, 1987).

2.2.5.2. Descripción. Las especies del género *Beauveria* son principalmente patógenos de insectos, dos especies *B. bassiana* y *B. tenella* son las más importantes. *B. bassiana* es muy conocida por su amplio rango de hospedantes y distribución geográfica (Velez y Benavides, 1990).

B. bassiana es un hongo imperfecto que pertenece a la subdivisión Duteromycotina, clase Hyphomycetes, caracterizado por la formación de micelio septado con producción de conidias, o formas de reproducción asexual, en conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas. Las conidias son el estado infectivo del hongo, que después de germinar inician la penetración a través de la cutícula del insecto por medio de procesos enzimáticos (LAVERLAM, s.f.).

El modo de acción del hongo es básicamente de contacto. Cuando las esporas se fijan en la cutícula de la broca se inicia el proceso de infección. Las esporas emiten un tubo germinal encargado de atravesar la cutícula del insecto en base en un paquete enzimático específico. Los grupos de enzimas mas frecuentemente producidos por hongos entomopatógenos son las lipasas, proteasas y quitinasas, cuya actividad depende del tipo de cutícula del insecto. Una vez que el tubo germinal alcanza el espacio interior de su huésped, se inicia la fase de crecimiento vegetativo, mediante el cual el hongo empieza a absorber los nutrientes de la hemolinfa del insecto hasta matarlo (AGREVO, s.f.).

2.2.5.3. Usos en agricultura. *Beauveria bassiana* puede ser utilizado para el control de la broca del café en las siguientes situaciones: (AGREVO, s.f.).

1. Control de infestaciones bajas en frutos verdes en desarrollo de la cosecha principal. Fincas o lotes donde reaparece la broca o que presentan infestaciones del 2% o menos a los 60 días después de floración. Si existen granos maduros o brocados se debe efectuar la cosecha sanitaria antes de la aspersión. Si hay focos con infestaciones mayores al 2% y la mayoría de granos tienen brocas en posiciones A o B, el foco debe ser tratado con un insecticida sintético. Si la mayoría de brocas está en la posición C se recomienda la cosecha manual.
2. Después del control químico. Después de la aplicación dirigida a los focos mayores del 2% de infestación, se recomienda una aplicación generalizada del hongo para detener la dispersión de la plaga. Una vez alcanzado el control, se puede mantener baja la población aplicando *B. bassiana* en forma generalizada.
3. Durante la cosecha principal. Cuando el porcentaje de infestación sea igual o menor al 2% al iniciar la cosecha, es posible evitar incrementos bruscos de infestación por medio de aplicaciones generalizadas de *Beauveria bassiana*. No es conveniente la aplicación de insecticidas sintéticos durante la cosecha.
4. Durante y después de las cosechas secundarias. Si se observan brocas iniciando el ataque a los granos de las cosechas secundarias o a los pequeños granos verdes de la cosecha principal, la aplicación de *B. bassiana* controla las poblaciones de la broca y evita la aplicación de insecticidas sintéticos que no deben aplicarse durante esa época.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO

Los ensayos se realizaron en Zamorano, en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Protección Vegetal (DPV), ubicado a 30 km al este de Tegucigalpa a 14°00" latitud norte y 87°02" longitud oeste, a una altura de 800 msnm.

3.2. INSECTOS UTILIZADOS

Se utilizaron brocas adultas criadas en dieta artificial, en el Departamento de Protección Vegetal de la Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (PROCAFE). Los criterios de selección de brocas fueron movilidad y tiempo de permanencia en el frasco, los insectos que presentaron mayor movilidad fueron los seleccionados, cada unidad experimental fué sacada del frasco en diferente tiempo, por lo que de cada cinco unidades experimentales se obtenía un bloque y se aplicaban los tratamientos.

3.3. CONCENTRACION Y VIABILIDAD DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS

Se hicieron dos pruebas, conteo de esporas y viabilidad de esporas de los diferentes productos a base del hongo, con el objeto de determinar si estos se podían usar en los ensayos. Se trabajó en una cámara de flujo laminar y los materiales se esterilizaron en un autoclave a 121° C por 25 min.

Para el conteo de esporas, se hicieron diluciones de los productos en 500 ml de agua destilada, posteriormente se tomó 10 ml de la suspensión original y se transfirieron a un beaker con 90 ml de agua, se tomó una gota de la dilución con una micropipeta y se colocó una gota en un hemacitómetro, para realizar el conteo de esporas con un microscopio con el objetivo 40X, se hicieron seis conteos para cada producto en los cuadrantes de las cuatro esquinas y en el cuadrante central.

Para las pruebas de viabilidad, fue necesario previamente preparar los microcultivos. Para cada producto se hicieron quince microcultivos: 3 para lectura de 24 horas, 3 para 48 horas, 3 para 72 horas, 3 para 96 horas y 3 para 120 horas. Con un gotero se colocaron 2 ml del medio Agar - Agar más ácido láctico que actuó como bacteriostático, sobre las láminas portaobjetos; estas se colocaron en platos petri conteniendo palillos de madera sobre papel filtro humedecido (los palillos se usaron para evitar el contacto de las láminas portaobjetos con el papel filtro humedecido). Se esperó 2 horas para que el medio sobre las láminas endureciera. Posteriormente se tomó la dilución de los tres productos hecha para el conteo de esporas; se agitó, se introdujo el rastrillo de vidrio a la suspensión (se usó un rastrillo para cada suspensión) y se colocó sobre las laminas portaobjetos teniendo el cuidado de esparcirlas por toda la lámina. Por último se taparon y cerraron los platos petri con papel parafina, para posteriormente identificarlos con un marcador e incubarlos a 27 °C. Después se realizaron las lecturas de cada producto desde las 24 hasta las 120 horas, con microscopio de luz con el objetivo 40X. Se contaron dos veces 1000 esporas germinadas.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y APLICACION DE TRATAMIENTOS

Se realizaron cuatro ensayos en los meses de agosto a octubre de 1997. Los ensayos se distinguieron por sus dosis y métodos de aplicación. El primer ensayo consistió en usar una dosis baja de los tratamientos y un método de aplicación por inmersión de las brocas en los tratamientos. El segundo una dosis baja por el método de aspersión de tratamientos. El tercero consistió de una dosis alta de los tratamientos y la aplicación por inmersión, y el último con una dosis alta y una aplicación por aspersión (cuadro 1).

Cada ensayo se organizó en bloques completos al azar (BCA). Se dividieron en 10 bloques; cada bloque tuvo los 5 tratamientos y cada tratamiento fue aplicado a la unidad experimental que consistió en 10 brocas dentro de un plato petri. Los tratamientos fueron: tres productos comerciales a base del hongo *Beauveria bassiana*: “Conidia” WG, “Brocaril” WP, Mycotrol ES; el insecticida “Thiodan” 35CE (endosulfan); y un tratamiento testigo de agua destilada. Cada uno de estos se aplicó a diferentes dosis y a diferentes métodos de aplicación.

Para el método de inmersión, se colocó cada grupo de 10 brocas en una malla, se dobló y se hizo pasar por un beaker de 500 ml conteniendo una solución de cloro al 0.05% durante 2 minutos; posteriormente se hizo pasar por otro beaker de 500 ml conteniendo agua destilada por un minuto. Después se enjuagó tres veces cada broca sobre la malla, rociándoles agua destilada a presión; por último se efectuó la inmersión de las unidades experimentales durante un minuto en uno de los tratamientos. Con un pincel se colocó cada grupo de 10 brocas en los platos petri conteniendo el papel filtro humedecido y posteriormente se taparon. Cada plato petri fue identificado y puesto en incubadora a 27° C. Con un atomizador se asperjó cada día agua destilada estéril sobre cada plato buscando mantener la humedad y no saturar de agua el papel filtro.

Para el método por aspersión, después del enjuague con agua destilada, se colocaron los grupos de 10 brocas en cada plato y con un atomizador manual se asperjaron los tratamientos sobre cada plato petri, para posteriormente taparlos, identificarlos e incubarlos. También se asperjó agua destilada para mantener la humedad.

Las evaluaciones se llevaron a cabo diariamente durante los cinco días después de la aplicación de los tratamientos. Se registró el número de brocas vivas, el número de brocas muertas y la presencia de desarrollo de micelio en las brocas muertas.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados y sus dosis en los cuatro ensayos.

| PRODUCTO | INMERSION PRIMER Y SEGUNDO ENSAYO DOSIS BAJA | ASPERSION TERCER Y CUARTO ENSAYO DOSIS ALTA |
|-----------------|--|---|
| “Brocaril” WP | 5 g + Portador / 200 l agua | 5 g + Portador / 200 l agua |
| “Conidia” WG | 200 g / 200 l agua | 200 g / 200 l agua |
| Mycotrol ES | 0.5 l / 200 l agua | 0.5 l / 200 l agua |
| “Thiodan” 35 CE | 0.5 l / 200 l agua | 0.5 l / 200 l agua |
| Agua destilada | ----- | ----- |

3.5. CRITERIOS DE DECISION PARA USAR LOS TRATAMIENTOS

Para decidir el uso de los productos microbiológicos se tomaron en base a las pruebas de viabilidad, con un porcentaje de germinación superior al 90%, el cual es un porcentaje aceptable para usarlo en los ensayos. El “Thiodan” se usó por ser el insecticida más recomendado en muchos países productores de café. El agua fue usada como testigo para poder comparar el efecto de los tratamientos.

3.6. ANALISIS DE DATOS

La efectividad de los tratamientos se calculó en base al porcentaje de mortalidad de las brocas y al porcentaje de desarrollo de micelio de brocas muertas. Las variables medidas fueron: número de brocas vivas, muertas y de las muertas las que presentaban desarrollo de micelio. Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el paquete estadístico SAS. Se realizó primero un análisis de medidas repetidas en el tiempo, pero se rechazó la hipótesis por que la variable tratamiento por fecha fué altamente significativa para los cuatro ensayos. Se hizo el análisis de varianza y una prueba de separación de medias por el método de la diferencia mínima significativa DMS, para cada ensayo.

Debido a que los ensayos no se realizaron en el campo, el análisis económico tuvo que reducirse a un análisis marginal de costos, contabilizando solamente los costos que varían en cada tratamiento. Debido también a que no fué posible obtener beneficio económico de los ensayos, fué imposible determinar el análisis de dominancia y las tasas de retornos marginales; en su defecto y con el propósito de sacar algunas conclusiones económicas, se decidió comparar los costos que varían y el porcentaje de mortalidad de cada tratamiento para determinar de manera preliminar el tratamiento más eficiente desde el punto de vista económico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Antes de reportar los resultados, es necesario hacer las siguientes observaciones del proceso:

1. El conteo de esporas para el producto “Conidia” fue de 9.4×10^7 conidias por ml de suspensión original, “Mycotrol” 3.2×10^9 conidias por ml de suspensión original, “Brocaril” 2.7×10^9 conidias por ml de suspensión original. Las pruebas de viabilidad realizadas a los diferentes productos, dieron porcentajes de germinación superiores al 90%.
2. Las pruebas indicaron que los productos podían ser usados en los ensayos, se observó que en los primeros dos días el porcentaje de germinación de los productos era bajo, por lo que se tomaron datos del desarrollo de micelio a partir del tercer día.
3. La metodología por inmersión y aspersion de brocas, tanto para desinfectar las brocas, como para los lavados y la aplicación de los tratamientos, no ocasionó mortalidad inmediata del insecto. Los ensayos permitieron la sobrevivencia de la mayoría de brocas del testigo en los días que se evaluaron los tratamientos, lo que fue suficiente para tomar los datos y hacer el análisis estadístico.
4. Al día siguiente de haber realizado la aplicación de tratamientos, se pudieron observar los primeros síntomas en las brocas tratadas con productos a base del hongo. Se observó algunas muertas y otras que se movían con mayor lentitud; después del segundo día se observó pérdida de patas y/o antenas.

4.1. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS BAJA Y APLICACION POR INMERSION.

4.1.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha. Como el efecto de los tratamientos en el análisis por fecha fue altamente significativo ($P < 0.0001$), se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes de mortalidad de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Thiodan” | 96 a* | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Mycotrol” | 86 b | 91 a | 96 a | 100 a | 100 a |
| “Conidia” | 23 c | 43 b | 76 b | 94 a | 100 a |
| “Brocaril” | 22 c | 47 b | 69 b | 84 b | 96 a |
| Agua | 1 d | 8 c | 17 c | 3 c | 49 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

El primer día hubo diferencias significativas entre “Thiodan” con respecto a los demás tratamientos, el segundo día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan” y “Mycotrol”. El cuarto día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan”, “Mycotrol” y “Conidia”. Al quinto día los porcentajes de mortalidad de los tratamientos fueron altos y no hubo diferencia significativa entre estos, excepto el tratamiento con agua, que fue significativamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 2, figura 1).

“Mycotrol” es bastante promisorio para el control de poblaciones de broca, porque causa un porcentaje de mortalidad igual al “Thiodan” desde el segundo día. Esto se puede deber solamente al efecto del aceite en el que es formulado y no específicamente a las esporas del producto, aunque como se observa, el producto “Mycotrol” presentó los mayores porcentajes de micelio. Los tratamientos a base de “Conidia” y “Brocaril” se consideran promisorios para el control de la broca, con la diferencia que estos actúan más tarde que “Mycotrol”.

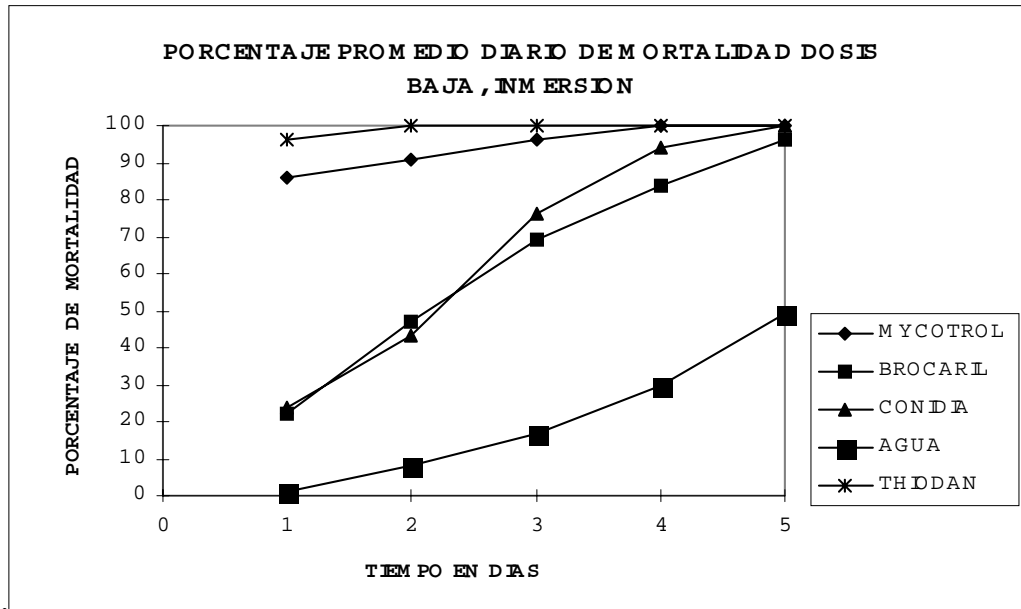


Figura 1. Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis baja y aplicación por inmersión

4.1.2. Evaluación del porcentaje de micelio

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha. Como el efecto de los tratamientos en el análisis por fecha fue altamente significativo ($P < 0.0001$), se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentajes de micelio de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|---|-------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Mycotrol” | | | 85 a* | 93 a | 98 a |
| “Conidia” | | | 35 b | 51 b | 90 ab |
| “Brocaril” | | | 38 b | 47 b | 81 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

En el tercer y cuarto día hubo diferencias significativas entre “Mycotrol” con los demás tratamientos. En ninguno de los tres días hubo diferencia significativa entre “Conidia” y “Brocaril”. Al quinto día los porcentajes de micelio de los tratamientos fueron altos y no hubo diferencia significativa entre “Mycotrol” y “Conidia” (Cuadro 3, figura 2).

“Mycotrol” es bastante promisorio para el control de poblaciones de broca porque causa un porcentaje de micelio alto en menor tiempo y esto se va reflejar en un menor ataque de broca sobre un grano de café. Los tratamientos a base de “Conidia” y “Brocaril”, se consideran promisorios para el control de la broca, con la diferencia que estos actúan más tarde que “Mycotrol”.

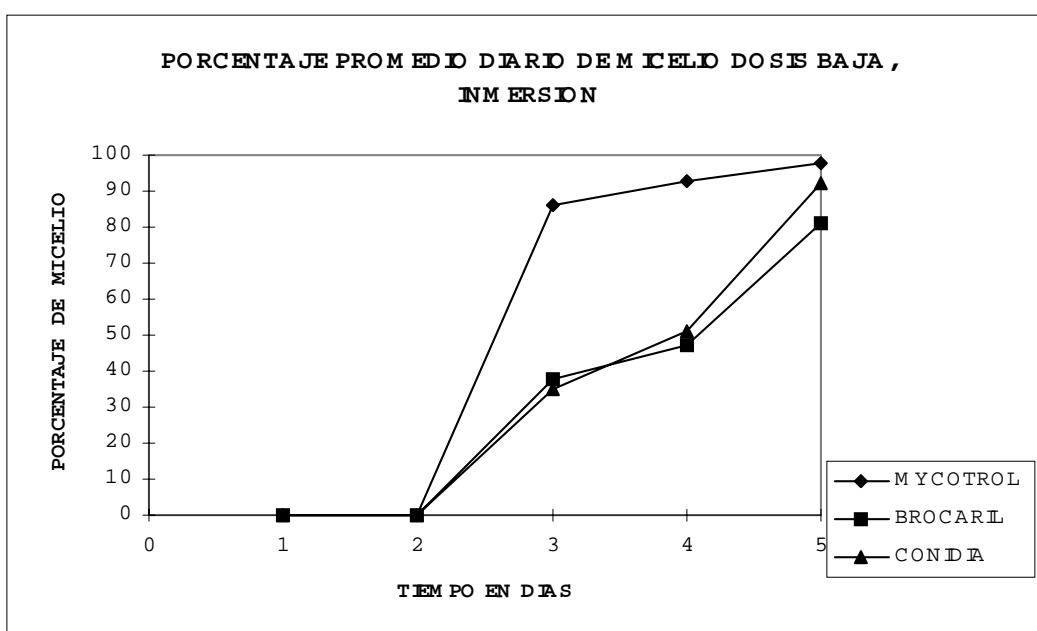


Figura 2. Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis baja y aplicación por inmersión.

4.2. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS BAJA Y APLICACION POR ASPERSION

4.2.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha. Como el efecto de los tratamientos en el análisis por fecha fue altamente significativo ($P < 0.0001$), se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentajes de mortalidad de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Thiodan” | 87 a* | 93 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Mycotrol” | 93 a | 97 a | 99 a | 100 a | 100 a |
| “Conidia” | 22 b | 38 b | 71 b | 92 b | 100 a |
| “Brocaril” | 3 c | 22 c | 55 c | 87 b | 97 a |
| Agua | 2 c | 6 d | 12 d | 21 c | 43 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

Desde el primer día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan” y “Mycotrol”, por lo que el “Mycotrol” se considera un producto promisorio para el control de la broca. Con respecto a los demás tratamientos, a partir del tercer día “Conidia” mostró ser un producto promisorio, pero su efecto tarda más que “Mycotrol” (Cuadro 4, figura 3).

“Conidia” fue significativamente mejor que “Brocaril” a partir del tercer día. “Brocaril” se manifestó a partir del cuarto día. El quinto día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan”, “Mycotrol”, “Conidia” y “Brocaril”. El tratamiento con agua mostró los menores porcentajes de mortalidad.

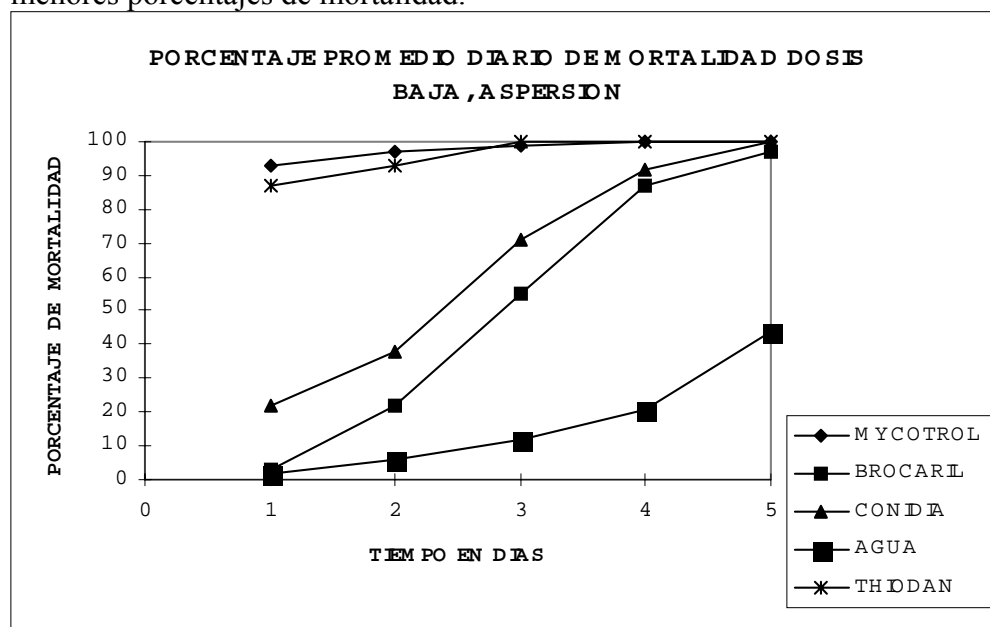


Figura 3. Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis baja y aplicación por aspersion.

4.2.2. Evaluación del porcentaje de micelio

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha. Como el análisis por fecha fue altamente significativo ($P < 0.0001$), se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentajes de micelio de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|---|-------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Mycotrol” | | | 85 a* | 91 a | 99 a |
| “Conidia” | | | 32 b | 70 b | 88 b |
| “Brocaril” | | | 29 b | 52 c | 80 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

Desde el tercer día hubo diferencias significativas entre “Mycotrol” con respecto a los demás tratamientos, El cuarto día hubo diferencia significativa entre “Conidia” y “Brocaril” (Cuadro 5, figura 4). Puede ser que la mortalidad causada por “Mycotrol” se deba exclusivamente al aceite y no a las esporas.

“Mycotrol” es bastante promisorio para el control de poblaciones de broca, porque causó siempre el porcentaje de micelio más alto y es estadísticamente superior a los demás tratamientos, pues presentó un porcentaje de micelio alto en menor tiempo.

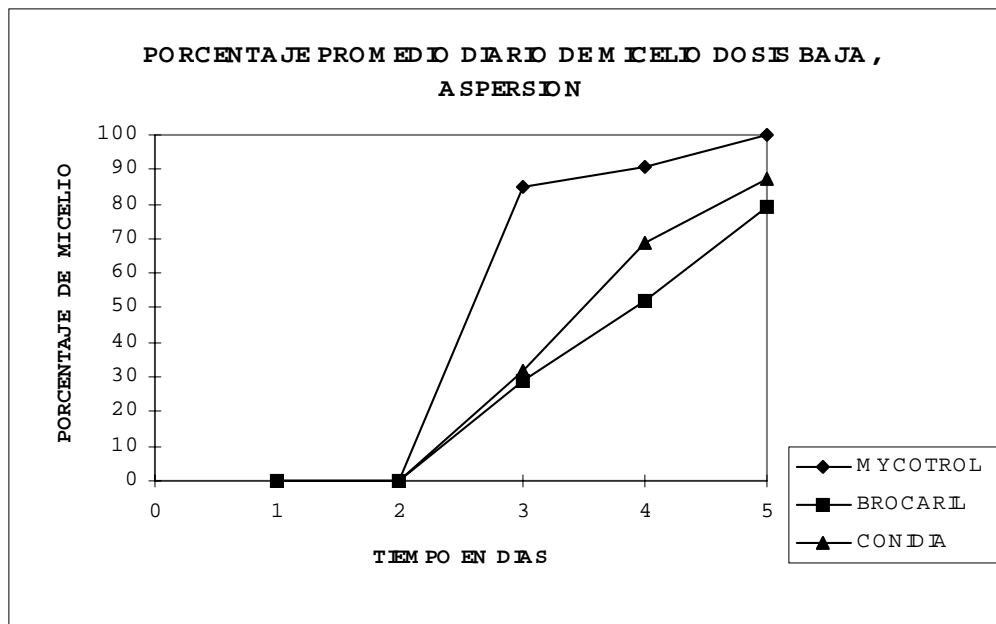


Figura 4. Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis baja y aplicación por aspersión.

4.3. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS ALTA Y APLICACION POR INMERSION

4.3.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha. Como el efecto de los tratamientos en el análisis por fecha fue altamente significativo ($P < 0.0001$), se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentajes de mortalidad de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Thiodan” | 100 a* | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Mycotrol” | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Conidia” | 45 b | 73 b | 73 b | 100 b | 100 a |
| “Brocaril” | 28 c | 36 c | 48 c | 82 b | 94 a |
| Agua | 10 d | 14 d | 23 d | 30 c | 37 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

Desde el primer día no hubo diferencia significativa en porcentaje de mortalidad entre “Thiodan” y “Mycotrol” por lo que “Mycotrol” se considera un producto promisorio para el control de la broca.

El porcentaje de mortalidad de “Conidia” durante los primeros tres días fue menor que “Thiodan” y “Mycotrol”, pero mayor que “Brocaril”. Después del cuarto día mostró igual control que “Thiodan” y “Mycotrol”. El quinto día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan”, “Mycotrol”, “Conidia” y “Brocaril”. Con agua se obtuvieron los menores porcentajes de mortalidad (Cuadro 6, figura 5).

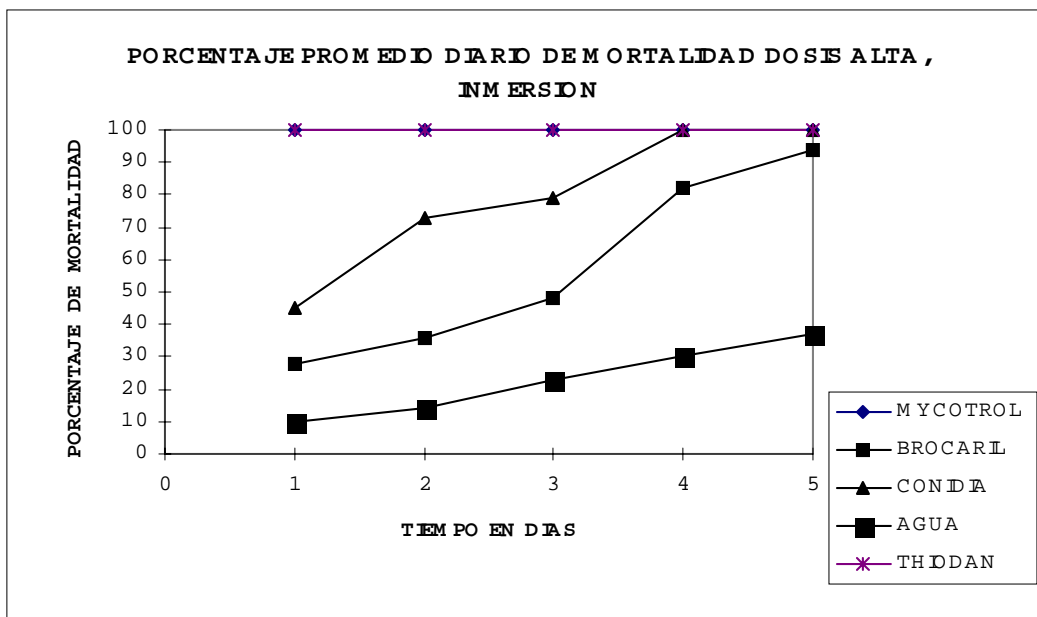


Figura 5. Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis alta y aplicación por inmersión.

4.3.2. Evaluación del porcentaje de micelio

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha, el cual fue altamente significativo ($P < 0.0001$) y se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentajes de micelio de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|---|--------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Mycotrol” | | | 100 a* | 100 a | 100 a |
| “Conidia” | | | 75 b | 94 b | 100 a |
| “Brocaril” | | | 68 b | 82 c | 86 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

El tercer y cuarto día hubo diferencias significativas entre “Mycotrol” y los demás tratamientos; en el mismo tiempo “Brocaril” se comportó mejor que “Conidia”. El quinto día no hubo diferencia significativa entre “Mycotrol” y “Conidia”, pero sí con “Brocaril” (Cuadro 7, figura 6)

“Mycotrol” y “Conidia” son promisorios para el control de poblaciones de broca, porque causaron el porcentaje de desarrollo de micelio más alto.

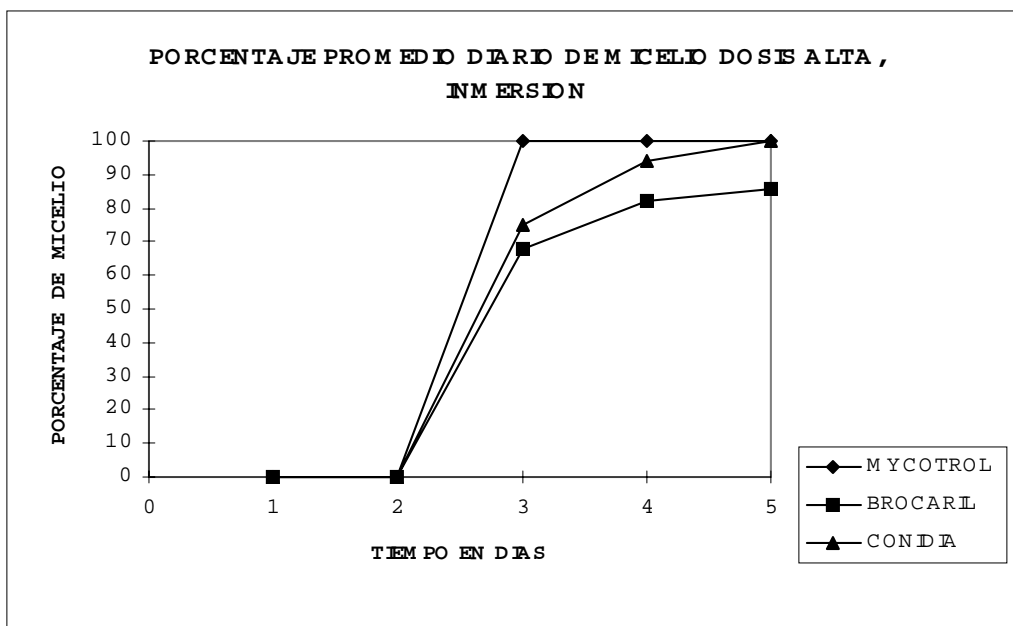


Figura 6. Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis alta y aplicación por inmersión.

4.4. ENSAYO UTILIZANDO DOSIS ALTA Y APLICACION POR ASPERSION

4.4.1. Evaluación del porcentaje de mortalidad

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos en cada una de las fechas se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentajes de mortalidad de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Thiodan” | 100 a* | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Mycotrol” | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| “Conidia” | 38 b | 61 b | 91 b | 96 a | 100 a |
| “Brocaril” | 26 c | 49 c | 73 c | 82 b | 97 a |
| Agua | 13 d | 19 d | 25 d | 38 c | 45 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

En los cinco días de la evaluación no hubo diferencia significativa entre “Thiodan” y “Mycotrol”, por lo que el “Mycotrol” se considera un producto promisorio para el control de la broca.

“Conidia” fue estadísticamente mejor que “Brocaril”, a partir del cuarto día. El quinto día no hubo diferencia significativa entre “Thiodan”, “Mycotrol”, “Conidia” y “Brocaril”. Con agua se obtuvieron los menores porcentajes de mortalidad y fue significativamente inferior a los demás tratamientos (Cuadro 8, figura 7).

Todos los ensayos reflejan que “Thiodan” y “Mycotrol” fueron los tratamientos que presentan mayor porcentaje de mortalidad en el menor tiempo y que “Conidia” y “Brocaril” son promisorios, pero su efecto es más tardado. Agua no mostró porcentajes de mortalidad altos.

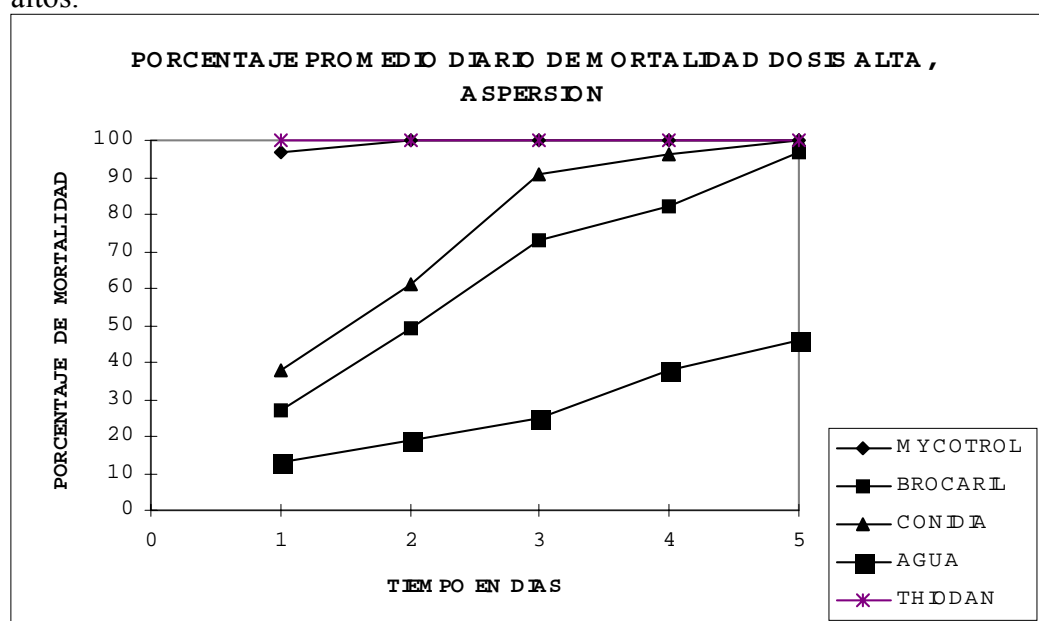


Figura 7. Porcentaje promedio diario de mortalidad, utilizando dosis alta y aplicación por aspersión.

4.4.2. Evaluación del porcentaje de micelio

Debido a que la interacción tratamiento por fecha fue altamente significativa, se analizó el efecto de los tratamientos por fecha y se hizo una separación de medias por el método LSD (Cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentajes de micelio de broca cinco días después de la aplicación de tratamientos.

| Tratamientos | Días después de la aplicación de tratamientos | | | | |
|--------------|---|---|-------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| “Mycotrol” | | | 83 a* | 98 a | 100 a |
| “Conidia” | | | 73 ab | 86 b | 100 a |
| “Brocaril” | | | 66 b | 75 c | 96 b |

* Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba LSD a un nivel $\alpha = 0.05$

En el tercer día no hubo diferencias significativas entre “Mycotrol” y “Conidia”, ni entre “Conidia” y “Brocaril”, pero sí entre “Mycotrol” y “Brocaril”. El cuarto día hubo diferencia significativa entre “Mycotrol”, “Conidia” y “Brocaril”. El quinto día no hubo diferencia significativa entre los tres productos evaluados (Cuadro 9, figura 8).

Todos los análisis muestran que “Mycotrol” presentó los mejores porcentajes de micelio en las brocas, seguido de “Conidia”. “Brocaril” presentó los menores porcentajes de micelio.

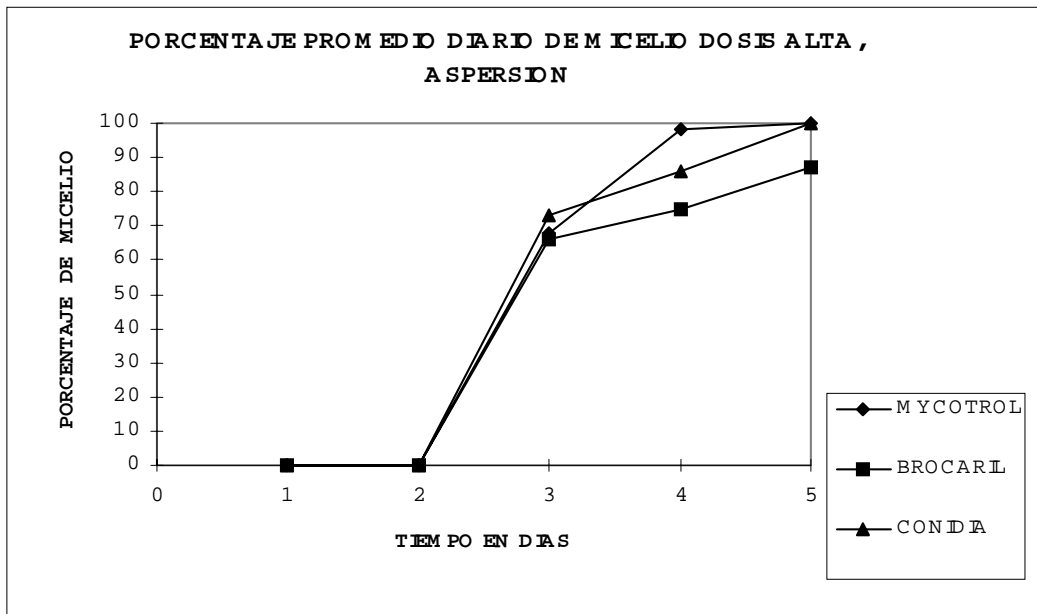


Figura 8. Porcentaje promedio diario de micelio, utilizando dosis alta y aplicación por inmersión.

4.5. ANALISIS ECONOMICO

Como se explicó en la metodología, no fué posible desarrollar el análisis económico marginal típico, ya que no se llevó el experimento a la fase de campo y no fué posible obtener un beneficio económico.

Con el propósito de determinar en base a la información disponible, el tratamiento más eficiente desde el punto de vista económico, se comenzó a estimar los costos que varían. Al hacer un análisis de estos se determinó que el costo por el uso de materiales y equipo fue insignificante y por lo tanto solamente se consideraron los costos variables que son el costo del producto y el costo del agua. Los costos se presenta en el cuadro 10, junto con el porcentaje de mortalidad promedio de cada tratamiento.

Cuadro 10. Cuadro comparativo de costos que varían, utilizando dosis del fabricante y porcentaje promedio total de mortalidad (PPTM).

| Tratamientos | Costos de los tratamientos | | | Porcentaje mortalidad |
|--------------|----------------------------|----------|-----------|-----------------------|
| | Co. Producto | Co. Agua | Co. Total | PPTM |
| “Thiodan” | \$ 10 l / ha | \$0.20 | \$10.20 | 98.8 |
| “Mycotrol” | \$ 35 l / ha | \$0.20 | \$35.20 | 97.9 |
| “Conidia” | ----- | \$0.20 | ----- | 72.2 |
| “Brocaril” | \$ 20 l / ha | \$0.20 | \$20.20 | 59.9 |
| Agua | ----- | \$0.20 | \$00.20 | 22.2 |

El producto “Conidia” aun no tiene precio de venta, ya que esta en proceso de registro y se siguen haciendo evaluaciones del mismo.

El análisis de esta tabla, podría permitir establecer una comparación entre tratamientos; Se podría concluir que es más eficiente usar “Thiodan” que “Mycotrol”, ya que presentan similares porcentajes de mortalidad y el costo es 2.5 veces más barato

Desde el punto de vista netamente económico sería más eficiente utilizar “Thiodan”, esto sin considerar el daño al ambiente y salud humana que tiene un alto costo. Valdría la pena en estudios posteriores incluir estas externalidades en el análisis económico.

Para la producción de café orgánico el uso de “Mycotrol” sería una buena alternativa por los precios de venta, que son mayores al café convencional.

V. CONCLUSIONES.

1. En porcentaje de mortalidad de broca, “Mycotrol” fue estadísticamente igual a “Thiodan”, por lo que se considera un producto promisorio y como una buena alternativa para el control de la broca del café, los tratamientos a base de “Conidia” y “Brocaril”, fueron eficaces con un efecto en mayor tiempo.
2. “Mycotrol” presentó los porcentajes más altos de desarrollo de micelio y en menor tiempo, con buena capacidad para parasitar brocas, “Conidia” también se considera promisorio, aunque su efecto es más lento.
3. El alto porcentaje de mortalidad causado por “Mycotrol”, probablemente se puede deber al aceite en el que es formulado y no al efecto de las esporas del hongo, ya que el porcentaje de mortalidad fue similar al “Thiodan”.
4. Aún cuando “Mycotrol” puede ser una buena alternativa al uso de “Thiodan”, su aplicación es más costosa y menos eficiente desde el punto de vista económico. Esto sin considerar el costo de externalidades. El uso de “Mycotrol” puede ser eficiente para la producción de café orgánico.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar en campo, los productos utilizados en este ensayo para seleccionar los mejores e incluirlos en un manejo integrado de la broca.
2. Evaluar a nivel de laboratorio el aceite usado en la formulación de “Mycotrol” y el producto comercial, para observar si realmente existen diferencias significativas entre el aceite más las esporas y el aceite solo.
3. Evaluar en laboratorio y campo menores dosis de los productos evaluados, para reducir costos de aplicación.
4. Desarrollar un estudio económico a nivel de campo que permita tomar en consideración los resultados de esta investigación y que incluya el valor de las externalidades.

. VIII. LITERATURA CITADA

- AGREVO, S.f. "Conidia": manual técnico. Santa Fé de Bogotá, Col., s.n. 18 p.
- BRUN ., L.; MARCILLAUD., C.; GAUDICHON., V.; SUCKLING D., M. 1989. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) In NewCaledonia. Journal of Economic Entomology (Estados Unidos) 82 (5): 1312-1316.
- BUSTILLO., A. 1991. Uso potencial del entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de la broca del cafe. Medellín. Col. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) p. 91-105.
- Citado por: Gonzalez G., M.T.; Posada F., J.; Gustillo P., A. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Cenicafé (Col) 44(3): 93-102.
- CARVAJAL., J. 1984. Cafeto, Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2da. ed. Berna, Suiza, s.n.. 254 p.
- CAVE., R. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en America Latina. 1 ed. El Zamorano. Honduras. Zamorano Academic Press. 188 p.
- CHAMORRO T., G.; CARDENAS M., R.; HERRERA H., A. 1995. Evaluación económica y de calidad en taza, de cafés provenientes de diferentes sistemas de recolección manual utilizables como práctica de control en cafetales infestados de *Hypothenemus hampei*. Cenicafé (Col). 46(3): 164-175.
- FECECAFE (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA). 1988. Tecnología del cultivo del café. 2da. ed. Manizales, Col. CENICAFE. 404 p.
- GONZÁLEZ G., M.T.; POSADA F., J.; GUSTILLO P., A. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Cenicafé (Col) 44(3): 93-102.
- IHCAFE (INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ). 1993. Guía técnica para el cultivo del café. Editado por M. R. Palma y F. O. Osorio. 2da. ed. Tegucigalpa, Hond, 53 p.
- JIMENEZ R., M.T. 1995. Impacto del uso del endosulfan y clorpirifos sobre *Apis mellifera* L. y *Bombix mori* L. en ecosistemas cafeteros. Santa Fé de Bogota. Col. Universidad Nacional de Colombia. 128p.

- Citado por: Villalba D., A.; Bustillo A., E.; Chaves C., B. 1995. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Cecinafé (Col)* 46(3): 152-163.
- LAVERLAM. s.f. "Brocaril": Alternativa biológica para el control de la broca del café. Cali, Col., s.n. 4p.
- MONTOYA O., S.A.; CARDENAS M., R. 1994. La broca de la cereza del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1862); Resúmenes analíticos. *Cenicafé (Col)* 45 (1): 5-13.
- Citado por: Villalba D., A.; Bustillo A., E.; Chaves C., B. 1995. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Cecinafé (Col)* 46(3): 152-163.
- PÉREZ L., E.J.; BUSTILLO P., E.; GONZÁLEZ G., T.; POSADA F., J. 1995. Comparación de dos dietas merídicas para la cría de *Hypothenemus hampei*. *Cenicafé (Col)* 46(4): 189-195.
- PRIOR., C. 1987. Use of the fungal pathogen *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. for the control of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Bogotá. Col. FEDERACAFE. 3p.
- RUIZ S., L.; BUSTILLO P., E.; POSADA F., J.; GONZÁLEZ G., T. 1996. Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* en dos dietas merídicas. *Cenicafé (Col)* 47(2): 77-84.
- VELEZ A., P.E.; BENAVIDES G., M. 1990. Registro e identificación de *Beauveria bassiana* en *Hypothenemus hampei* en Ancuya, Departamento de Nariño, Colombia. *Cenicafé (Col)* 41(2): 50-57.
- VELEZ A., P.E.; MONTOYA R., E.C. 1993. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. *Cenicafé (Col)* 44(3): 111-122.
- VILLALBA D., A.; BUSTILLO A., E.; CHAVES C., B. 1995. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Cecinafé (Col)* 46(3): 152-163.

VIII. ANEXOS.

Anexo 1. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis baja por inmersión

Anexo 2. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis baja por aspersión

Anexo 3. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis alta por inmersión

Anexo 4. Tabla de los porcentajes de mortalidad y de micelio utilizando dosis alta por aspersion

Anexo 5. Análisis de varianza de los porcentajes de mortalidad y de micelio para los ensayos con dosis baja

Cuadro 1. Análisis de varianza utilizando dosis baja y aplicación por inmersión para la evaluación de tratamientos sobre mortalidad de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 1529.76 | 169.97 | 2.89 | 0.0032 |
| Tratamiento | 4 | 194188.22 | 48547.05 | 825.78 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 36 | 7079.6160 | 196.65 | 3.35 | 0.0001 |
| Fecha | 4 | 61449.14 | 15362.28 | 261.31 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 16 | 32698.73 | 2043.67 | 34.76 | 0.0001 |
| Error | 180 | 10582.12 | 58.78 | | |

Cuadro 2. Análisis de varianza utilizando dosis baja y aplicación por inmersión para la evaluación de tratamientos sobre desarrollo de micelio de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 2654.54 | 294.94 | 4.51 | 0.0002 |
| Tratamiento | 2 | 24408.06 | 12204.03 | 186.76 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 18 | 8342.82 | 463.49 | 7.09 | 0.0001 |
| Fecha | 2 | 21578.46 | 10789.23 | 165.11 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 4 | 5319.46 | 1329.86 | 20.35 | 0.0001 |
| Error | 54 | 3528.73 | 65.34 | | |

Cuadro 3. Análisis de varianza utilizando dosis baja y aplicación por aspersión para la evaluación de tratamientos sobre mortalidad de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 1999.23 | 222.13 | 2.89 | 0.0033 |
| Tratamiento | 4 | 224100.89 | 56025.22 | 728.85 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 36 | 7646.14 | 212.39 | 2.76 | 0.0001 |
| Fecha | 4 | 75281.17 | 18820.29 | 244.84 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 16 | 47972.10 | 2998.25 | 39.01 | 0.0001 |
| Error | 180 | 13836.32 | 76.86 | | |

Cuadro 4. Análisis de varianza utilizando dosis baja y aplicación por aspersión para la evaluación de tratamientos sobre desarrollo de micelio de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 1707.60 | 189.73 | 1.82 | 0.086 |
| Tratamiento | 2 | 23598.20 | 11799.1 | 113.10 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 18 | 1540.46 | 85.58 | 0.82 | 0.6691 |
| Fecha | 2 | 24292.86 | 12146.43 | 116.43 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 4 | 5707.13 | 1426.78 | 13.68 | 0.0001 |
| Error | 54 | 5633.33 | 104.32 | | |

Anexo 6. Análisis de varianza de los porcentajes de mortalidad y de micelio para los ensayos con dosis alta

Cuadro 1. Análisis de varianza utilizando dosis alta y aplicación por inmersión para la evaluación de tratamientos sobre mortalidad de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 2202.41 | 244.71 | 3.98 | 0.0001 |
| Tratamiento | 4 | 211594.17 | 52898.54 | 859.26 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 36 | 7397.50 | 205.48 | 3.34 | 0.0001 |
| Fecha | 4 | 30560.41 | 7640.10 | 124.10 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 16 | 28996.30 | 1812.26 | 29.44 | 0.0001 |
| Error | 180 | 11081.28 | 61.56 | | |

Cuadro 2. Análisis de varianza utilizando dosis alta y aplicación por inmersión para la evaluación de tratamientos sobre desarrollo de micelio de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 259.87 | 28.87 | 0.59 | 0.796 |
| Tratamiento | 2 | 6894.86 | 3447.43 | 70.97 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 18 | 676.02 | 37.55 | 0.77 | 0.72 |
| Fecha | 2 | 3227.26 | 1613.63 | 33.22 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 4 | 1752.86 | 438.21 | 9.02 | 0.0001 |
| Error | 54 | 2623.20 | 48.57 | | |

Cuadro 3. Análisis de varianza utilizando dosis alta y aplicación por aspersión para la evaluación de tratamientos sobre mortalidad de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 1375.74 | 152.86 | 3.80 | 0.0002 |
| Tratamiento | 4 | 171861.54 | 44215.38 | 1098.42 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 36 | 5406.21 | 5406.21 | 150.17 | 0.0001 |
| Fecha | 4 | 35928.90 | 35928.9 | 8982.22 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 16 | 31291.85 | 31291.85 | 1955.74 | 0.0001 |
| Error | 180 | 7245.64 | 40.25 | | |

Cuadro 4. Análisis de varianza utilizando dosis alta y aplicación por aspersión para la evaluación de tratamientos sobre desarrollo de micelio de brocas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor F | Probabilidad de F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|
| Bloque | 9 | 643.28 | 71.47 | 1.33 | 0.2453 |
| Tratamiento | 2 | 2926.46 | 1463.23 | 27.16 | 0.0001 |
| Bloque*trat | 18 | 1438.64 | 79.92 | 1.48 | 0.1329 |
| Fecha | 2 | 9225.8 | 4612.9 | 85.62 | 0.0001 |
| Trat*fecha | 4 | 994.93 | 248.73 | 4.62 | 0.0028 |
| Error | 54 | 2909.26 | 53.87 | | |

