

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**ESTABLECIMIENTO DEL PERÍODO OPORTUNO DE APLICACIÓN DEL
HONGO *Paecilomyces sp* EN EL CONTROL DE BROCA DE CAFÉ
Hypothenemus hampei Ferrari, EN BOQUETE, PANAMÁ.**

**NATIVIDAD SARMIENTO
4-761-700**

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPUBLICA DE PANAMÁ**

2015

**ESTABLECIMIENTO DEL PERÍODO OPORTUNO DE APLICACIÓN
DEL HONGO *Paecilomyces sp* EN EL CONTROL DE BROCA DE
CAFÉ *Hypothenemus hampei Ferrari*, EN BOQUETE, PANAMÁ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRONOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS O EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ.**

APROBADO:

PROF. ING. JOSÉ C. URETA

DIRECTOR

PROF. ING. JOSÉ A. LEZCANO

ASESOR

PROF. ING. CARL WILLIAMS

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2015

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primeramente a Dios, por haberme dado la sabiduría y paciencia necesaria para realizar y culminar éste estudio que significó una etapa probatoria a los conocimientos y evaluación de mis esfuerzos durante mi carrera universitaria.

Gracias a mis padres, Natividad Sarmiento Villarreal e Iris González de Sarmiento, y a mi hermana Lisseth Sarmiento González, que me han apoyado y siempre han visto en mí un ejemplo a seguir. A mis abuelos Gustavo González y Denis Quintero; a mi tía Betsy González por todos los buenos gestos de apoyo y cariño para culminar mis estudios universitarios. A mi novia Eneli Mejía y a todos aquellos que de alguna forma u otra me apoyaron en todo momento.

Agradezco al profesor Ing. MSc. José Carlos Ureta, mi director de tesis, que con su conocimiento contribuyó a despejar dudas y orientarme a la realización de este proyecto. Igualmente a mi asesor profesor Ing. MSc. Carl Williams, por su ayuda y asesoría brindada.

Al Sr. Daniel Peterson, propietario de la finca El Cielito, por haberme permitido desarrollar mi proyecto de tesis en su finca.

Finalmente agradezco al Ing. MSc. José Ángel Lezcano, por su apoyo incondicional y disponibilidad durante todo el proyecto. Al agrónomo Sindy Caballero y al Ing. Arnold Troncoso por su tiempo y conocimientos brindados para llevar a cabo este estudio. A todos un millón de gracias.

DEDICATORIA

Dedico estas tesis con cariño a mis padres **Natividad e Iris**, quienes me dieron un apoyo incondicional siempre, me enseñaron a ser perseverante y capaz, a tener confianza y seguridad de que lograría cada una de las metas que me propusiera.

A mi hermana **Lisseth** y demás familiares, amigos, compañeros y profesores.

Muy especialmente a mi abuelo "**Patavo**", por sus sabios consejos durante toda mi vida.

Y a una chica muy especial para mí, **Eneli**, quien de una u otra forma siempre me brido su apoyo.

NATIVIDAD ANDRÉS.

ESTABLECIMIENTO DEL PERÍODO OPORTUNO DE APLICACIÓN DEL HONGO *Paecilomyces spp.* EN EL CONTROL DE BROCA DE CAFÉ *Hypothenemus hampei Ferrari*, EN BOQUETE, PANAMÁ

Sarmiento, Natividad. 2015. Establecimiento del período oportuno de aplicación del hongo *Paecilomyces spp* en el control de broca de café *Hypothenemus hampei Ferrari*, en Boquete, Panamá. Tesis de Ing. Agronómica en Cultivos Tropicales. Chiriquí, Panamá. UP. FCA

RESUMEN

Con el objetivo de seleccionar el momento de aplicación más eficiente del hongo entomopatógeno *Paecilomyces spp.* para el control de la broca del café, se estableció en la finca Cielito, en Palmira, distrito de Boquete, provincia de Chiriquí, un ensayo utilizando un diseño de bloques completos al Azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela de café donde se estableció el ensayo presentó un 26.63% de infestación. La parcela experimental estuvo formada por nueve árboles de café, y la parcela efectiva el árbol central, la unidad experimental estuvo formada por dos bandolas en producción. Se determinó el % de infestación de broca inicial (PIBI) para todos los tratamientos el mismo día y después de la aplicación del hongo en cada tratamiento. Los tratamientos consistieron en aplicaciones a los 0 días después del Porcentaje de infestación de Broca Inicial (ddPIBI), 7 días ddPIBI, 14 días ddPIBI, 21 días ddPIBI, 28 días ddPIBI y un testigo sin aplicación. La concentración del hongo estuvo entre 9.04×10^9 y 3.15×10^{10} ufc/ml. Se determinó la mortalidad y la eficacia de la aplicación con la fórmula de Henderson y Tilton. Se encontraron diferencias altamente significativa entre los tratamientos ($P=0.0001$) para la variables mortalidad, con un r^2 de 0.9488 y un coeficiente de variación de 14.72% y para la eficacia con un r^2 de 0.9551 y un coeficiente de variación de 12.97%. El mayor porcentaje de mortalidad se obtuvo a los 7 días ddPIBI (81.059%), no mostrando diferencias estadísticas si se aplica a los 0 días ddPIBI. Para la eficacia, el mayor valor se obtuvo a los 7 días ddPIBI (86.39%), seguido de 0 días ddPIBI (79.34%), 21 días ddPIBI (79.31%) y 14 días ddPIBI (74.71%), no presentando diferencias estadísticas entre sí ($P<0.05$). Durante el periodo en que se realizó el ensayo se dieron re-infestaciones, presentando el mayor valor el testigo (44.79%), seguido a los 0 días ddPIBI, y 7 días ddPIBI, no presentando diferencias estadísticas entre sí. Los resultados indican que el periodo oportuno de aplicación está en un rango de tiempo de 0 a 7 días ddPIBI para lograr una mortalidad entre 77 a 81%; y para

una eficacia de 74 a 86% el rango se amplía de 0 a 21 días ddPIBI, reduciendo esta eficacia con el tiempo debido a la reinfestación que se da en campo.

PALABRAS CLAVES: *Hypothenemus hampei*, broca del café, eficacia, mortalidad, *Coffea arabica*

ESTABLISHMENT OF THE APPROPRIATE PERIOD OF APPLICATION OF FUNGUS *Paecilomyces* SPP. IN THE CONTROL OF COFFEE BERRY BORER, *Hypothenemus hampei* Ferrari, IN BOQUETE, PANAMA

Sarmiento, Natividad. 2015. Establishment of the appropriate period of application of fungus *Paecilomyces* spp. in the control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* ferrari, in Boquete, Panama. Thesis in Agronomic Tropical Crops. Chiriquí, Panamá. UP. FCA.

Abstract

In order to select the most efficient time of the entomopathogenic fungus *Paecilomyces* spp. application to control the coffee berry borer, was established in Cielito farm in Palmyra, district Boquete, Chiriqui, a trial design using a randomized complete block with six treatments and four replications. The plot of coffee where the trial was conducted presented a 26.63% infestation. The experimental plot consisted of nine coffee trees, and the actual plot the central shaft, the experimental unit consisted of two branches in production. The percentage Infestation the initial bit (PIBI) was determined for all treatments and the day after application of the fungus in each treatment. The treatments consisted of applications at 0 days after initial infestation Percent borer fruit (ddPIBI) ddPIBI 7 days, 14 days ddPIBI, ddPIBI 21 days, 28 days ddPIBI and a control without application. Fungus concentration ranged from 9.04×10^9 and 3.15×10^{10} CFU/ml. Mortality and efficacy of application Henderson and Tilton formula was determined. Highly significant differences between treatments ($P = 0.0001$) for the mortality variable, with r^2 of 0.9488 and a coefficient of variation of 14.72% and an efficiency of 0.9551 r^2 and a coefficient of variation of 12.97% were found. The highest mortality was obtained at 7 days ddPIBI (81,059%), showing no statistical difference if applied at 0 days ddPIBI. For efficiency, the highest value was obtained at 7 days ddPIBI (86.39%), followed by 0 days ddPIBI (79.34%), 21 days ddPIBI (79.31%) and 14 days ddPIBI (74.71%), showing no statistical difference between other ($P < 0.05$). During the period in which the test was performed re-infestations occurred, presenting the highest value the control (44.79%),

followed ddPIBI 0 days and 7 days ddPIBI, presenting no statistical differences between them. The results indicate that the application is appropriate period of time in a range of 0 to 7 days to achieve ddPIBI mortality 77 to 81%; and an efficiency of 74-86% range is extended from 0 to 21 days ddPIBI, reducing the effectiveness over time due to reinfestation given field.

KEYWORDS: *Hypothenemus hampei*, coffee berry borer, efficiency, mortality, *Coffea arabica*

INDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Alcance.....	7
1.7 Limitaciones.....	7
II. REVISION DE LITERATURA.....	8
2.1 Origen del café.....	8
2.2 Taxonomía del café.....	9
2.3 Descripción botánica.....	9
2.4 Zonas cafetaleras en Panamá.....	10
2.4.1 Características de la variedad Catuaí.....	12
2.5 La broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari).....	13
2.5.1 Aspectos taxonómicos.....	13
2.5.2 Descripción general del insecto.....	14
2.5.3 Factores geoclimáticos que influyen en su desarrollo...	15
2.5.4 Ciclo de vida.....	17
2.5.4.1 Colonización de frutos de <i>C. arabica</i>	18

2.5.4.2 Daño ocasionado por la broca del café.....	19
2.6 Manejo Integrado de la Broca del café.....	21
2.6.1 Control etológico.....	21
2.6.2 Control cultural.....	22
2.6.3 Control químico.....	23
2.6.4 Control biológico.....	24
2.6.4.1 Parasitoides.....	25
2.6.4.2 Hongos entomopatógenos.....	25
2.7 Características del Genero <i>Paecilomyces</i> (conocido como <i>Isaria</i>).....	27
2.7.1 Morfología.....	28
2.7.1.1 Aspecto macroscópico.....	28
2.7.1.2 Aspecto microscópico.....	29
2.7.2 Generalidades.....	30
2.7.3 Modo de acción como entomopatógeno.....	30
2.7.4 Mecanismo de infección.....	31
2.7.4.1 Adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto.....	31
2.7.4.2 Penetración dentro del hemocele.....	32
2.7.4.3 Desarrollo del hongo que resulta en la muerte del insecto.....	32
III. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1 Lugar de la Investigación.....	34

3.2	Ensayo de Laboratorio.....	35
3.2.1	Producción de <i>Paecilomyces</i> spp.....	35
3.2.1.1	Aislamiento.....	35
3.2.1.2	Preparación de la matriz del hongo.....	36
3-2-1-3	Conteo de conidias.....	37
3.3	Ensayo en campo.....	39
3.3.1	Ubicación de la parcela.....	39
3.3.2	Infestación de broca.....	39
3.3.3	Instalación del ensayo y diseño experimental.....	41
3.3.4	Calibración del equipo.....	41
3.3.5	Aplicación del hongo.....	42
3.3.6	Evaluación de la aplicación del hongo.....	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1	Conclusiones.....	59
5.2	Recomendaciones.....	59
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
VII.	ANEXO.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
I	Tratamientos evaluados en días en el control de la broca para determinar el momento oportuno de aplicación de hongos entomopatógenos. Palmira. Boquete. 2014	41
II	Análisis de varianza para el porcentaje de reinfestación de adultos hembra de broca después de la aplicación del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp. para los periodos de aplicación. Boquete. 2014	50
III	Análisis de varianza para la mortalidad de adultos hembra de broca después de la aplicación del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp. para los periodos de aplicación boquete. 2014	51
IV	Análisis de varianza para la mortalidad de adultos hembra de broca después de la aplicación del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp., para la concentración en UFC ml ⁻¹ del hongo entomopatógeno. Boquete. 2014	52
V	Análisis de varianza para la eficacia del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp., sobre adultos hembra de broca, para el periodo de aplicación. Boquete. 2014	52
VI	Análisis de varianza para la eficacia del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp., sobre adultos hembra de broca, para la concentración en UFC ml ⁻¹ del hongo entomopatógeno. Boquete. 2014	53
VII	Comparación de medias para % de reinfestación, mortalidad y eficacia del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces</i> spp., sobre adultos hembra de broca, para los periodos de aplicación del hongo entomopatógeno. Boquete. 2014	54

INDICE DE FIGURAS

No.		Página
1	Variedad Catuaí planta de porte pequeño y entrenudos cortos aunque un poco más alto y ancho que el Caturra	13
2	Ciclo de Vida de la Broca del Cafeto. (Fuente: Guharay et al. 2000).	17
3	La hembra entra al fruto a través del canal de penetración y construye galerías dentro de la grano de café donde coloca sus huevecillos.	19
4	Orificios en el grano que muestran la penetración de la broca y los residuos que deja el consumo del grano	20
5	Variedad Catuaí, utilizada en el ensayo.	34
6	Preparación de las diluciones seriadas a partir de la suspensión madre (Fuente Vélez et al. 1997)	38
7	Estimación de la infestación de broca del café. Relación entre el número de frutos brocados y el número total de frutos por bandola.	40
8	Preparación de la solución del hongo <i>Paecilomyces</i> spp. proveniente de la producción en sustrato arroz.	42
9	Vista parcial del conteo previo antes de realizar la aplicación del hongo en los tratamientos	43
10	Hoja de registro para el número de frutos totales y brocados en cada tratamiento (parcela) del ensayo.	44
11	Traslado de frutos micosados al laboratorio en bolsas con cierre hermético, para evitar el escape de brocas vivas.	45
12	Después de los 14 días de aplicado el hongo <i>Paecilomices</i> spp. sobre las bandolas, se observa la broca muerta en la entrada y con crecimiento del hongo (micosis).	46
13	Infestación inicial e Infestación final, al momento de la evaluación de los tratamientos	48
14	Re-infestación de la broca del café, al final de la evaluación del ensayo (14 días después).	49

15	Vista parcial de la broca muerta en el canal de penetración después de la aplicación del hongo <i>Paecilomyces spp.</i>	54
16	Porcentaje de infestación de frutos, al momento de la aplicación de los tratamientos.	55
17	Número de frutos re-infestados, al momento de la evaluación de los tratamientos.	56
18	Porcentaje de mortalidad de adultos de broca, a los 14 días después de la aplicación del hongo <i>Paecilomyces spp.</i> , para cada periodo de aplicación.	57
19	Porcentaje de eficacia de la aplicación del hongo entomopatógeno <i>Paecilomyces spp.</i> , a los 14 días después de la aplicación en cada periodo de aplicación.	58

I. INTRODUCCIÓN

La broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) es uno de los mayores problemas entomológicos en el cultivo de café. El insecto inicia la colonización en frutos verdes, y durante su maduración consume gran parte del grano en un tiempo corto. Según Ramírez y Mora (2001), las pérdidas pueden oscilar entre un 5% a un 24% según el grado de infestación que se presente y en casos extremos pueden presentarse pérdidas de hasta del 50% de la cosecha. Según Cerrud (2011) con niveles inferiores al 10% de infestación, las pérdidas de peso en el grano, causado por la broca del café resulta entre 0 y 5.7 %. Estas pérdidas de peso ocasionadas por la cantidad de frutos brocados en el proceso de beneficiado del café reduce el volumen final de café oro.

La presencia de *H. hampei* fue reportada por primera vez en Panamá en junio del 2005, específicamente en el Distrito de Renacimiento. Actualmente la broca se encuentra distribuida en las principales zonas productoras de café de Chiriquí, Panamá, Colón y en el área de la Comarca Ngöbe-Buglé (Lezcano y Serrano 2009).

En el desarrollo del control biológico, se busca una reducción total o parcial de insectos-plaga, mediante el uso de sus enemigos naturales. Los hongos entomopatógenos según Samson (1988), son los primeros agentes biológicos en ser utilizados para el control de plagas, ya que son capaces de producir enfermedad y muerte en los insectos.

Investigaciones realizadas por Tanada y Kaya (1993), indican que se encuentra una mayor patogenicidad y eficiencia en cepas nativas, por lo que recomiendan realizar aplicaciones con aislamientos provenientes de cepas de hongos del mismo país donde se realizará el control.

Para el control biológico de *H. hampei* se sugiere la aplicación del hongo entomopatógeno como un producto comercial, donde éste debe presentar una concentración de conidias superior a 1.0×10^9 ; teniendo en cuenta que las aplicaciones se realizan cuando el cultivo de café presenta un 5% de infestación (Lezcano y Serrano 2009).

En este trabajo de investigación se presentan las generalidades del problema, se plantean aspectos teóricos como resultado de la revisión de literatura, el diseño metodológico y finalmente el análisis de resultados.

La información generada permitirá conocer, de manera más precisa, cuando se debe realizar el manejo, mediante su control biológico, de la broca del café.

1.1 Planteamiento del problema

En Panamá se cultivan más de 19 mil has de cafeto, de las cuales el 68% se encuentran en la Provincia de Chiriquí y en casi todas hay presencia de broca. Desde el 2005, en que se reportó la broca del café en la Provincia de Chiriquí, los productores han aplicado diferentes estrategias de control para minimizar los efectos de esta plaga; una de las herramientas más utilizadas es el control cultural; informes señalan que en los últimos años éste insecto causó grandes pérdidas en Renacimiento y Boquete en la Provincia de Chiriquí (MIDA, 2013).

La broca inicia el proceso de perforación en la corona o disco del fruto y construye lo que se conoce como canal de penetración a través de todo el grano. Este insecto inicia su reproducción en el endospermo de la semilla del café, colocando entre uno y ochenta huevecillos durante su vida dentro del grano (Nava et al. 2006). Una vez que la broca esté dentro del grano su control es deficiente ya que no está expuesta a ningún agente químico o bioinsecticida.

Para el control de broca del café con hongos entomopatógenos se ha recomendado la aplicación cuando el insecto se encuentra penetrando el fruto, antes que produzca el daño en el grano. En Panamá, el control ha sido deficiente debido a que no se conoce cuando es el momento más oportuno de la aplicación de productos químicos o biológicos, hablando en términos de días después de la detección de la plaga. En la mayoría de las veces los productores

realizan el control de la broca cuando los niveles de infestación están por encima del 20% y el daño en el grano está muy avanzado, lo que dificulta una reducción poblacional, ya que cuando se registra un valor porcentual de esta magnitud, este insecto ya ha llegado hasta una de las semillas del café. Es por ello que es necesario establecer cuándo iniciar las aplicaciones, para el control de la *H. hampei* con el propósito de encontrar el momento de mayor eficacia y control con el producto empleado (Lezcano *et al.* 2013).

1.2 Antecedentes

Para el manejo de la broca del café, se iniciaron estudios de dinámica poblacional del adulto, el cual indicó el comportamiento de la plaga dentro del cafetal, además, de señalar en qué momento la broca deja de ser atraída por métodos etológicos. Y dentro de la fenología del cultivo se determinó el número de floraciones que presenta el cultivo de café, y se identificaron las floraciones precoces o iniciales, que son importantes en el manejo de la broca (Lezcano y Serrano, 2009).

Una vez fue detectada la broca a través de rastreos periódicos; se entregaron a los productores productos a base de *B. bassiana*. Posteriormente y a través de estudios realizados por Lezcano y Caballero (2012), descubrieron un aislamiento procedente de una cepa nativa de *Paecilomyces spp.* que fue probada en laboratorio y campo con excelentes resultados. Ésta cepa presentó una alta

patogenicidad sobre adultos de *H. hampei* que estuvo entre 85 y 100% dependiendo de la concentración (1×10^9 a 6.35×10^{10} UFC/ml) e igual resultado presentó en la prueba realizada en campo (Lezcano *et al.* 2013).

1.3 Justificación

Según el MIDA (2013), la actividad cafetalera en Panamá la llevan a cabo unos 7667 productores en una superficie de más de 19 mil hectáreas aproximadamente. El cultivo de café genera una gran cantidad de dinero con las exportaciones del grano. La actividad cafetalera genera alrededor de 32,000 empleos permanentes en la producción de café, y en la temporada de cosecha unos 72,000 trabajadores eventuales durante cuatro meses (67% de la mano de obra) (Lezcano 2015). Al presentarse una disminución en la cosecha bajan los rendimientos por lo que los productores deberán dejar sin empleo a estos trabajadores.

Se ha probado que el aislamiento de la cepa nativa *Paecilomyces spp.* es eficaz en el control de la broca; sin embargo para mejorar la aplicación en campo se requiere entre otro, el conocimiento del momento oportuno de aplicación debido al comportamiento que tiene este insecto dentro de los cafetales.

1.4 Objetivos

Objetivo general:

1. Establecer el periodo oportuno para la aplicación de hongos entomopatógenos en el control integrado de la broca del café.

Objetivos específicos:

1. Determinar la mayor infestación de broca del café (*Hypothenemus hampei*) en una finca cafetalera en Boquete.
2. Determinar el período de aplicación de mayor mortalidad de la broca utilizando el hongo *Paecilomyces spp.*

1.5 Hipótesis

Ha: Se logró estimar la mayor infestación de broca del café en una finca cafetalera en Boquete.

Ho: No se logró estimar la mayor infestación de broca del café en una finca cafetalera en Boquete.

Ha: Se logró conocer el periodo de mayor control de la broca utilizando *Paecilomyces spp.*

Ho: No se logró conocer el periodo de mayor control de la broca utilizando *Paecilomyces spp.*

1.6 Alcance

Con estos resultados se espera beneficiar a más de mil productores de café de las tierras altas de Chiriquí. Este estudio servirá a los productores de café como una herramienta para mejorar la eficiencia en la aplicación de productos biológicos en el control de la broca del café.

1.7 Limitaciones

Una limitación para la ejecución de este trabajo podría ser la disponibilidad de suficiente producto para realizar las aplicaciones, además, la poca disponibilidad de fincas con alta infestación de broca y que el dueño evite realizar controles químicos dentro del ensayo sin previa consulta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del Café

El café pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies. No obstante, únicamente tres de éstas se mencionan como cultivadas comercialmente, destacándose *C. arabica*, *C. canephora* y *C. liberica* (Soto, 1998).

Coffea arabica es la especie de café más antigua conocida y difundida a nivel mundial; es originaria de Etiopía, África; encontrada a más de 1000 metros sobre el nivel del mar. Se puede decir, que la producción mundial de café descansa en un 90% sobre *C. arabica*, la cual tiene como patrón representativo la variedad Arábigo que presenta características específicas: hojas elípticas, ángulo de bandolas con respecto al asta central de 90 grados. Existen aproximadamente 60 especies de *Coffea*, siendo *Coffea arabica* la especie más importante. Su comercialización comenzó en Europa entre los siglos XV y XVI. Este cultivo se desarrolla exclusivamente en los países tropicales, y es el de mayor exportación en muchos países de América Latina como: Brasil, Colombia, México, Costa Rica, entre otros. Actualmente Brasil es el productor más grande con la mitad de la cosecha mundial (Thurston, 1998).

2.2 Taxonomía del café

El género *Coffea* contiene alrededor de cien taxones específicos e intraespecíficos aceptados, de los casi 400 descritos de plantas de la familia de las rubiáceas, nativas del sur de Asia y el África subtropical.

La Clasificación taxonómica de *C. arabica* es el siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Subfamilia: Ixoroideae

Tribu: Coffeae

Género: *Coffea*

Especie: *C. arabica*

2.3 Descripción botánica

El cafeto es un arbusto o árbol pequeño, perennifolio, de fuste recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en cultivo se mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de tres metros. Las hojas son elípticas, oscuras y coriáceas. Florece a partir del tercer o cuarto año de crecimiento,

produciendo inflorescencias axilares, fragantes, de color blanco o rosáceo; algunas especies, en especial *Coffea arabica*, son capaces de auto polinizarse, mientras que otras, como *Coffea robusta*, son polinizadas por insectos. El fruto es una drupa, que se desarrolla en unas 15 semanas a partir de la floración; el endospermo comienza a desarrollarse a partir de la duodécima semana, y acumulará materia sólida en el curso de varios meses, atrayendo casi la totalidad de la energía producida por la fotosíntesis. El mesocarpio forma una pulpa dulce y aromática, de color rojizo, que madura en unas 35 semanas desde la floración.

2.4 Zonas cafetaleras en Panamá

Las plantaciones de café existentes en la República de Panamá, están distribuidas en las provincias de Coclé, Colón, Chiriquí, Herrera, Los Santos, Panamá, Veraguas y la Comarca Ngöbe-Buglé (Lezcano, 2009). Actualmente, se estima que existen unas 19,490 hectáreas cultivadas, de las cuales el 68 % se encuentran en la Tierras Altas de la provincia de Chiriquí (MIDA, 2013).

En Panamá el café se desarrolla como cultivo comercial, intensivamente en las Tierras Altas de la Provincia de Chiriquí (Boquete, Volcán y Renacimiento), dada las características edafoclimáticas favorables para el desarrollo óptimo de este cultivo y que son imperantes en estas zonas agrícolas de la República de Panamá (MIDA, 2013).

La mayor parte de los cafetales en Boquete están situados a unos 1.600 metros sobre el nivel del mar. Los terrenos son de suelo volcánico muy rico en nutrientes. Debido a su localización, el Distrito de Boquete posee un clima templado. Durante el día la temperatura puede tener un máximo de 28 °C y una mínima de 15 °C en la noche. Con estas temperaturas, el ambiente es apto para el cultivo de flores y café. El clima es fresco y algo seco, a pesar que a diario, especialmente durante el verano, el bajareque, una especie de niebla en forma de imperceptible llovizna, envuelve los cafetales. Esta mezcla de lluvia y viento es la responsable de la maduración lenta de los frutos de café en Boquete. El perfil del café resultante es el de un grano de acidez entre media y alta, y cuerpo normal tirando a bajo.

Renacimiento es la región con un mayor potencial de crecimiento cafetero del país. Buena muestra de ello es que esta zona ha sido elegida, junto a Boquete, por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, como centro de desarrollo de un ambicioso programa de Investigación y Transferencia para el Manejo del Sistema de Producción de café. Orientado a resolver los principales problemas y limitaciones de los productores de café, el proyecto contempla como principales objetivos, incrementar la productividad y mejorar la calidad del café; determinar nichos ecológicos disponibles en Panamá; reducir el efecto contaminante, aprovechando el valor nutrimental de los desechos agroindustriales del beneficiado; y generar tecnologías innovadoras adaptables a los sistemas más comunes de producción de café (Cuadras, 2012).

Por su parte, Volcán se trata de un territorio mucho más despejado, con fincas entre los 1200 y 1500 metros de altitud. Los cafetales se extienden a lo largo de varios kilómetros, sin que la sombra los domine.

2.4.1 Característica de la Variedad Catuai

La variedad Catuai, es originaria de Brasil, es el resultado del cruzamiento de Caturra con Mundo Novo. Es una planta de porte pequeño y entrenudos cortos aunque un poco más alto y ancho que el Caturra. Presenta una gran uniformidad genética, tiene la propiedad de producir mucho crecimiento secundario en las bandolas y entre nudos cortos, posee un elevado vigor vegetativo, alto potencial productivo, precoz para entrar en producción, buena adaptabilidad a diferentes ambientes y excelente comportamiento en zonas de altura (Santacreo, 2000)

Es un cruce artificial entre la variedad Caturra y la Mundo Novo. Es una variedad de porte bajo y alta producción. El tallo principal es grueso, con ramas laterales abundantes las cuales son prolíficas en ramas secundarias lo que le da una gran capacidad productiva. Las hojas nuevas son de color verde claro. Es un arbusto vigoroso y compacto. Tiende a ser de mayor diámetro (ancho) que el Caturra. Los frutos no se desprenden fácilmente de las ramas. El rendimiento del grano es bueno así como la calidad de la bebida (Monroig, 2005).



Figura 1. Variedad Catuai planta de porte pequeño y entrenudos cortos aunque un poco más alto y ancho que el Caturra

2.5 La broca del café, (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

Se cree que la broca se desarrolló originalmente en *C. canephora*, en África Central, y no en *C. arabica* ya que ésta es de zonas muy altas. Debido a evidencia de que la broca no se encuentra en zonas muy altas, es probable que el café robusta sea su hospedante originario (Baker, 1984).

2.5.1 Aspectos taxonómicos

La broca del fruto del café es un insecto que pertenece al orden Coleóptera, Familia Scolytidae y subfamilia Scolytinae, originario de África. Es conocido por

ser la plaga más importante en el cultivo de café a nivel mundial (70 países). Es conocida por varias sinonimias como lo son: broca del fruto del cafeto, barrenador del café, gorgojo del café, broca del café y taladrador de cerezas del cafeto; es un insecto cuyo tamaño es comparado al de la cabeza de un alfiler entomológico (Lezcano y Serrano, 2009).

2.5.2 Descripción general del insecto

El adulto de la broca del café es un pequeño gorgojo, de coloración café oscuro brillante, casi negro; presenta estrías longitudinales paralelas, cubierto de pelos cortos que crecen hacia atrás. La cabeza de los adultos tiene forma globular, escondida en la parte anterior del tórax que en su parte frontal, posee de cuatro a siete dientes. Las antenas tienen forma de codo y los ojos son planos y no convexos. Los élitros están cubiertos de setas o pelos que crecen hacia atrás. El segundo par de alas membranosas está presente en las hembras y ausente en los machos, o están muy reducidas y por lo tanto, estos no pueden volar (Rosales **et al.**1999).

ANACAFÉ (1998) indica que el macho mide de 1.0 a 1.25 mm de largo, con el segundo par de alas membranosas atrofiadas, que lo incapacitan para volar. Mientras que la hembra mide de 1.4 a 1.8 mm de largo y tiene un segundo par de alas membranosas funcional. La hembra puede vivir de 35 – 190 días, mientras que el ciclo de vida del macho es de 156 días aproximadamente,

dependiendo de las condiciones climáticas en las que se desarrolle (Guharay *et al.* 2000).

Es un insecto con metamorfosis completa, lo cual quiere decir que presenta los estados de huevecillo, varios estadios larvarios, pupa y adulto.

Sus huevecillos son de forma elíptica, de cutícula brillante, color blanco lechoso al inicio, luego claro y liso, y próximo a la eclosión toma un color amarillento y rugoso. Su tamaño varía de 0.5 a 0.8 mm de largo (ANACAFÉ 1998).

Las larvas son vermiformes, ápteras, ápodas, blancas y de cabeza marrón. Miden de 0,7 a 2,2 mm de largo y de 0,2 a 0,6 mm de diámetro. Hay dos estadios larvales para las hembras y una para los machos. Tienen mandíbulas fuertes prolongadas hacia adelante, su cuerpo está cubierto por pilosidad blanca; este estadio dura de 10 a 26 días. Las pupas son al principio blancas pero luego se van amarilleando y pueden medir entre 0,5 y 1,9 mm (ANACAFÉ, 1998).

2.5.3 Factores geoclimáticos que influyen en su desarrollo

En cuanto a la altitud, que el rango óptimo para el desarrollo de la broca se encuentra entre los 800 y 1000 msnm. (Sibaja *et al.* 1989); sin embargo, Guharay *et al.* (2000) indica que en muchas zonas cafetaleras con altitudes

menores o mayores a las descritas se observó infestaciones de broca lo cual pone de manifiesto la adaptación de la especie.

Algunos estudios demuestran que el insecto de la broca del café es muy sensible a la humedad; espera el momento justo después de llover para emerger evitando así la desecación. Generalmente de los frutos caídos surgen las hembras, especialmente cuando las condiciones de humedad son favorables; dejan el fruto por la tarde y vuelan por la noche a un árbol nuevo. En plantaciones de café las zonas más propicias para el ataque son las más sombreadas y húmedas, y donde ya ha habido brocas (Souza y Reis, 1993).

Muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. En el caso de la broca, existe una proporción de adultos que vuela y se dispersa, por consiguiente es casi imposible erradicar un insecto con aspersiones de insecticidas o control cultural si en un momento dado parte de su población está movilizándose a otras zonas y otra parte esta refugiada en otros cafetales en donde no se están haciendo prácticas para reducir su población. Una vez la broca aparece en una zona hay que tratar de convivir con ella (Baker, 1984). Por lo que Ruiz y Saldaña, (2012) recomiendan confeccionar un plan de manejo integrado de broca, donde se busque reducir las poblaciones a niveles económicamente tolerables por el cultivo.

2.5.4 Ciclo de vida

Según Souza y Reis, (1993) el ciclo de vida de huevecillo a adulto dura aproximadamente 156 días variando en función de la temperatura (Figura 2). Generalmente la hembra perfora el fruto por la corola o disco, aunque también lo puede perforar por un lado si este presenta un 20% o más de materia seca. Dos días luego de instalarse en el fruto, la hembra comienza a poner huevecillos. Ésta se queda con los 35-50 huevecillos que eclosionarán en una proporción de 10 hembras por cada macho.



Figura 2. Ciclo de Vida de la Broca del Cafeto. (Fuente: Guharay et al. 2000).

Para llegar a adulto el insecto toma entre una semana y un mes, dependiendo de la temperatura y la consistencia del endospermo de la semilla. Algunas hembras depositan sus huevecillos en la misma planta donde eclosionaron, pero

también pueden mudarse a otra. Los machos incapaces de volar nunca abandonan el fruto (Souza y Reis, 1993).

Una misma planta generalmente alberga más de tres generaciones; se cree que podrían llegar a ocho generaciones al año, pero sólo en casos excepcionales pasarían de las cinco en este período. En los frutos más maduros se pueden llegar a encontrar más de 100 individuos.

2.5.4.1 Colonización de frutos de *C. arabica*

El hospedante principal de *H. hampei* es *C. arabica*, pero se han encontrado casos de afección en otras especies de este género. Las hembras adultas atacan los frutos del café en un período que va desde ocho semanas tras la floración hasta 32 semanas (cuando se realiza la cosecha). Estas prefieren atacar frutos maduros cuando están disponibles. Luego que una hembra entra al fruto construyendo un canal de penetración (Figura 3) donde construye galerías en el cotiledón donde coloca sus huevecillos ovoides en depósitos verdes, marrones o grises en el endosperma, que sólo sólido puede ser adecuado para el desarrollo de la broca. Si la hembra ataca un fruto que tiene un endosperma líquido e inmaduro, penetra sólo hasta el mesodermo y espera varias semanas hasta que el fruto madure.



Figura 3. La hembra entra al fruto a través del canal de penetración y construye galerías dentro de la grano de café donde coloca sus huevecillos.

2.5.4.2 Daño ocasionado por la broca del café

Las hembras adultas de la broca del café atacan únicamente a los frutos y no dañan ninguna otra parte vegetativa de la planta (Waterhouse y Norris, 1989). Las brocas son atraídas al fruto por semioquímicos liberados por éste, inclusive siendo capaces de reconocer los diferentes estados de maduración por los compuesto volátiles provenientes del mismo (Nava *et al.* 2006). El fruto es infestado comúnmente por una sola broca, sin embargo Giordanengo, (1992), reporta que en ocasiones se producen infestaciones de varias brocas en un solo fruto, y pueden ser detectadas por los múltiples orificios de entrada en el fruto.

La broca inicia el proceso de perforación con una galería que se inicia en la corona del disco del fruto y continúa en línea recta hasta llegar al interior del grano. El ataque de *H. hampei* reduce el rendimiento y merma la calidad del grano. Los daños (Figura 4) más característicos son: pudrición del grano en formación causada por microorganismos saprófitos que entran por la perforación, caída de frutos jóvenes debido al ataque y disminución de peso del grano por efecto de la alimentación del insecto (Barrera *et al.* 2006).

La broca hace daño al atacar el fruto y reproducirse internamente en el endospermo, causando la pérdida total del grano (Cárdenas 1991; Bustillo *et al.* 1991; Bustillo 1991).



Figura 4. Orificios en el grano que muestran la penetración de la broca y los residuos que deja el consumo del grano.

Según Koch (1986), la broca del café es una de las plagas más dañinas que existe en diversos países de África, Indonesia y América. Existen antecedentes de daños que alcanza más de 90% de las cerezas; en Brasil se han registrado pérdidas del 60 al 80% en plantaciones donde no se han tomado medidas de control, constituyendo una plaga clave para el cultivo de café.

2.6. Manejo Integrado de la Broca del Café

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un sistema de manipulación de las plagas, que en el contexto del ambiente relacionado y la dinámica de la población de la especie dañina, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de la manera más compatible posible y mantiene las poblaciones de plagas a niveles inferiores a las que causarían daño económico (Batista 2005).

En el caso del manejo de la broca del café, se ha decidido implementar un Manejo Integrado de la Broca (MIB), que constituye la forma efectiva de reducir las poblaciones de broca a niveles económicamente tolerables para el caficultor (MIDA 2011).

2.6.1 Control Etológico

El Control Etológico consiste en la utilización de trampas con alcohol aprovechando las reacciones de comportamiento de los insectos. El comportamiento está determinado por la respuesta de los insectos a la presencia

u ocurrencia de estímulos que son predominantemente de naturaleza química, aunque también hay estímulos físicos y mecánicos (Batista, 2005).

En estudios realizados por Borbón (2004) pudo determinar que la trampa de color blanca y de vasos es significativamente eficiente en el monitoreo y control de la broca, en comparación a otras trampas, llegando a reducir los niveles de ataque de broca en un 58%. La liberación de la mezcla de los alcoholes metanol: etanol en la proporción 3:1, en cantidades de 240 a 300 mg/día fue la ideal en el campo para la atracción de la broca.

Según Ruiz y Saldaña (2012), Borbón (2004) determinó que la distancia de una trampa a otra fue de 10 metros, cubriendo cada trampa un área de 500 m² y la altura a la cual la trampa se debe de colocar en la planta de café es a 1,50 metros.

2.6.2 Control Cultural

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias, o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos, o disminuir sus daños.

Las labores denominadas como “prácticas culturales”, tales como las podas de los cafetos, de los árboles de sombra, el control de arvenses y una buena

fertilización, forman parte del esquema clásico de mantenimiento de un cafetal. Estas labores contribuyen un 80% al éxito en el control global de la broca. Además se ha demostrado que después de la cosecha en el árbol y suelo queda un 10% de frutos maduros, que es importante recoger para disminuir las poblaciones de broca (Ruiz y Saldaña 2012).

Estudios realizados por Lezcano y Serrano (2008) revelan que es importante cumplir con las labores de pepena y repela, que no es más que la recolección de frutos del suelo y de los árboles respectivamente.

2.6.3 Control Químico

El uso de insecticidas como única medida de control de *H. hampei* no es recomendable ya que a la hora de realizar las aplicaciones hay inconvenientes, uno de ellos es que las aspersiones con insecticidas sólo son eficientes cuando se aplican oportunamente, esto es cuando el insecto está penetrando el fruto y el producto entra en contacto con la broca, ya que una vez en el interior del fruto, no habrá un control satisfactorio (Campos 2005).

Se considera como la última alternativa a la que debe recurrirse en un manejo integrado de plaga, solo cuando existen altas densidades de la plaga y con la finalidad de bajar las poblaciones, que con otros controles ya no es posible. Para su uso racional, deben considerarse los resultados del muestreo, evitando así aspersiones generales innecesarias (Campos, 2005).

Según Ruiz y Saldaña (2012) la eficiencia descansa sobre la base de:

- Muestreo oportuno: 60 a 90 días después de la floración principal.
- Ubicación de focos (área de presencia) de infestación (el nivel crítico de infestación depende de los rendimientos por área).
- Aplicación eficiente: operario entrenado, calibración del equipo, adecuada cobertura de frutos.

2.6.4 Control Biológico

Control Biológico es la regulación de las plagas mediante sus enemigos naturales; es decir, mediante la acción de insectos predadores, parasitoides y hongos. Los parasitoides, son insectos que viven a expensas de otro insecto (*hospedero*) al que devoran progresivamente hasta causarle la muerte. Durante ese tiempo completan su propio desarrollo larval. Los *predadores* se alimentan de otros insectos presas en forma más o menos rápida succionándoles la sangre o devorándolos (Batista 2005).

Se dice que la época del control biológico de *H. hampei* empezó en los años 1987-1988 al introducir los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* a Ecuador y México (Barrera 1994). En 1990 las acciones de programa en México se llevarían hacia Centroamérica. Por otra parte en Colombia ya se estaba trabajando con el entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bustillos *et al.* 1998).

2.6.4.1 Parasitoides

Según Arredondo y Rodríguez (2008), citado por Ruiz y Saldaña (2012), tres especies de parasitoides Africanos son los más conocidos: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston, pertenecen al orden Himenóptera, familia Bethylidae, son ectoparásitos de larvas, prepupas y pupas; y *Phymastichus coffea* La Salle pertenece al orden Himenóptera y la familia Eulophidae, es un endoparasitoide gregario, que ataca el adulto de la broca cuando éste perfora los frutos.

2.6.4.2 Hongos Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son organismos de importante valor ecológico al desempeñar funciones de regulación sobre insectos, quienes debido al mal manejo de pesticidas realizado por el humano para su control se han convertido en plagas incontrolables y resistentes. Los hongos entomopatógenos son una opción viable para la elaboración de bioplaguicidas que permiten el control de los insectos sin el riesgo de contaminación y deterioro del medio ambiente (Batista 2005).

La utilización de hongos entomopatógenos está fundamentada en la acción que realiza el hongo sobre el insecto. Las enfermedades causadas por hongos en insectos son muy comunes y ampliamente distribuidas, afectando una gran

variedad de insectos tanto en regiones templadas como tropicales siempre y cuando se dé la relación entre el patógeno, el hospedero y el medio ambiente adecuado (Castillo, 2006).

Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes biocontroladores, y constituyen un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente y provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos. Para López-Llorca (2001), FAO (2003), los géneros más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces*, *Verticillium* y *Rhizopus*.

Según Bustillo (2006) se han reportado cinco especies de hongos entomopatógenos infectando brocas adultas. La especie más reciente reportada infectando adultos de broca es *Hirsutella eleutheratorum* (Nex ex Gray), que se caracteriza por tener largos estomas oscuros filamentosos emergiendo del cuerpo del insecto. La infección por este hongo requiere altos niveles de humedad relativa para su manifestación (Posada **et al.**1993).

Fusarium oxysporum se ha reportado infectando adultos de broca en diferentes regiones de Colombia, este hongo aparece en los bordes del cuerpo como un polvo blanco, el micelio con delgadas formas de color rosa y amarillas. Este es

un patógeno de baja virulencia, que bajo condiciones de laboratorio y en campo no causa alta mortalidad (Nava *et al.* 2006).

El hongo *Paecilomyces spp.*, se encontró infectando adultos de broca del café, y se ha demostrado su patogenicidad en laboratorio (Posada 1998).

El hongo *Beauveria bassiana* ataca exclusivamente a adultos de *H. hampei* y la infección puede detectarse por el cuerpo blanco de forma algodonosa creciendo alrededor del insecto, encontrándose en la parte apical de los granos.

2.7 Características del Género *Paecilomyces* (conocido como *Isaria spp.*)

Paecilomyces spp. es un hongo saprofito que se encuentra en el suelo y que ha sido utilizado para el control de insectos plaga ya que presenta una alta estabilidad genética, pues su capacidad infectiva no cambia de una generación a otra y tampoco se ve afectado significativamente al ser sometido a procesos de conservación in vitro (Farges 1994; Bibliowicz *et al.* 1997; Murphy 2007).

Cuando se hace referencia a *Paecilomyces* se distingue su estado anamórfico y cuando se hace referencia a su estado teleomorfo se hable de *Byssochlamys* (Brown y Smith 1957; Murphy 2007)

La Clasificación Taxonómica de *Paecilomyces spp.* es la siguiente:

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Subphylum: Pesisomycotina

Clase: Sordariomycetes

Subclase: Hypocreomycetidae

Orden: Hypocreales:

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Paecilomyces (Isaria)* (NCBI 2006)

2.7.1 Morfología

2.7.1.1 Aspecto macroscópico

El hongo *Paecilomyces* spp. presenta un crecimiento vegetativo que puede variar de acuerdo a la especie, condiciones de crecimiento y nutrientes que contenga el medio, por lo que se puede observar una red enredada de hifas aéreas que le da una textura a la colonia un poco lanosa, o extremadamente algodonosa, en la cual se observan diferentes grados de pulvurulencia en el crecimiento de éste. Algunas especies tienden a producir colonias húmedas y cremosas, sobre todo en las etapas tempranas del crecimiento (Brown y Smith 1957; Murphy, 2007). La mayoría de las especies son de color blanco, o ligeramente coloreadas cuando el desarrollo de conidios es máximo. El reverso de las colonias presenta una variedad de colores: blanco manchado, crema opaco y marrón, pero algunas especies producen colores distintivos y brillantes, que son una ayuda en la identificación, particularmente de los aislamientos frescos. Además, presenta colonias de crecimiento lento ya que alcanza entre 11 y 18 mm de diámetro en seis días

y, entre 27 y 49 mm en 12 días sobre Papa Dextrosa Agar (PDA) (Brown y Smith 1957; Murphy 2007)

2.7.1.2 Aspecto microscópico

Los conidióforos, cuando están presentes, son septados excepto cuando son muy cortos, el diámetro de los conidióforos varía considerablemente de especie a especie. Por ejemplo para es de 0.8μ y para *P. elegans* se extiende a más de 8μ . La estructura conidial es sencilla y consiste de una fiálide o espiral de fiálides a lo largo de la hifa aérea, o de pequeños conidióforos, simples o moderadamente bifurcados con aspecto terminado en una espiral de fiálides. La fiálide es muy característica de este género ya que la porción basal puede ser cilíndrica, son células conidiógenas de longitud constante y usualmente no prolifera en forma simpodial, sino que más bien se encuentran amontonadas en una vesícula (Brown y Smith 1957; Murphy 2007)

Los conidios son formados en el extremo de la fiálide y se agrupan normalmente en largas cadenas, estos son hialinos bajo el microscopio pero a menudo en masa toman una coloración pálida, son lisos pero en ocasiones pueden ser un poco ásperos, son usualmente ovalados, alargados pero en algunas especies pueden ser casi esféricos (Brown y Smith 1957; Murphy 2007)

2.7.2 Generalidades

Se caracteriza por presentar colores vistosos como blanco, amarillo, verde pálido, rosa, rojo o púrpura. Presenta hifas hialinas a amarillentas, septadas y con paredes lisas. La estructura conidiógea es un sinema o monosinema que consiste en hifas compactadas, conidióforos verticilados e irregulares con ramificaciones terminales en donde surgen en racimos se ensancha en forma de botella, con un cuello distintivo en donde nacen las conidias las cuales crecen en cadena en forma basipétala, por una célula, raramente dos, hialina o ligeramente pigmentada con paredes lisas o equinuladas o varias formas (Gallegos *et al.* 2000).

2.7.3 Modo de acción como entomopatógeno

La espora del hongo, al ponerse en contacto con el insecto plaga, se le adhiere a la cutícula, penetrando directamente después de la germinación de la conidia, durante esta fase se forma el tubo germinativo y puede penetrar la cutícula o por medio de un apresorio y producción de enzimas como proteasas, lipasas y quitinasas. Al desarrollarse el hongo, libera toxinas contra el insecto, que provoca su muerte. *P. fumosoroseus*, se adhiere al dorso del insecto, el tubo germinativo penetra y la hifa está presente en el homocelo del insecto 24 horas después (Gallegos *et al.* 2000).

2.7.4 Mecanismo de infección

La enfermedad producida por hongos se llama micosis. Tanada y Kaya (1993) mencionan que el desarrollo de la micosis puede ser separado en tres fases patogénicas:

2.7.4.1 Adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto

El proceso de adhesión, dependiendo del hongo, puede ser un fenómeno específico o no específico. Mientras que la germinación de esporas es un proceso mediante el cual una espora emite uno o varios pequeños tubos germinativos que al crecer y alargarse da origen a hifas, este proceso depende de las condiciones de humedad y temperatura ambiental. En menor grado la luz condiciona el ambiente alimenticio. La espora que germina en el insecto forma un tubo germinativo el cual funciona como una hifa de penetración de la cutícula. También puede producir una estructura llamada apresorio, la cual ayuda a la adhesión de la espora. El éxito de la germinación y penetración no depende necesariamente del porcentaje de germinación sino del tiempo de duración de la germinación, modo de germinación, agresividad del hongo, tipo de espora y susceptibilidad del hospedante (Samson 1988).

El hongo puede infectar al insecto a través de las aberturas corporales como son cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas. Las esporas pueden germinar rápidamente en estos ambientes por ser húmedos. Cuando lo hacen

en los fluidos digestivos, pueden destruir a la hifa germinativa. En este caso, el insecto no muere de micosis sino a causa de las toxinas.

2.7.4.2 Penetración dentro del hemocele

Esta penetración por parte de la hifa es el resultado de la degradación enzimática de la cutícula y la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo. Además, depende de las propiedades de la cutícula, grosor, esclerotización, presencia de sustancias nutricionales y antifungosas (Charnley 1992) y estado de desarrollo del insecto. La digestión del integumento se produce mediante las enzimas (proteasas, aminopeptidasas, lipasas, esterases, quitinasas. Cuando la hifa ha llegado al hemocele, se pueden producir diferentes reacciones de defensa del insecto frente a un cuerpo extraño. En este caso, el hongo debe vencer el sistema inmunológico del hospedante antes de entrar a la hemolinfa y desarrollarse dentro del insecto (Cañedo y Ames 2004).

2.7.4.3 Desarrollo del hongo que resulta en la muerte del insecto

Luego de que llegue al hemocele, el hongo puede evitar la defensa inmune del insecto produciendo células parecidas a levaduras, llamadas blastosporas, que se multiplican y dispersan rápidamente, desarrollando protoplastos, elementos discretos ameboideos, sin pared celular que no son reconocidos por los

hemocitos del hospedante (Pérez 1998) y produciendo micotoxinas (Tanada y Kaya 1993).

Las toxinas producidas juegan un rol importante en el modo de acción de los hongos entomopatógenos. La muerte del insecto se produce con mayor rapidez cuando es afectado por un hongo entomopatógeno que produce cantidades considerables de toxinas, ya que se adiciona la toxemia a la destrucción de los tejidos y a las deficiencias nutricionales.

A continuación del crecimiento del hongo en el hemocele, se producen los síntomas fisiológicos del insecto afectado como convulsiones, carencia de coordinación y comportamientos alterados, entra en un estado letárgico y finalmente muere, lo que puede ocurrir relativamente rápido o en unos cuantos días. Ocurre una competencia entre el hongo y la flora intestinal. Los hongos pueden producir sustancias antibacterianas que alteran la coloración del cadáver (Ferrón 1981).

Con la muerte del insecto termina el desarrollo parasítico del hongo y empieza la fase saprofítica: el hongo crece en el hemocele formando masas micelianas que salen al exterior fundamentalmente por las regiones intersegmentales y por las aberturas naturales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de la Investigación

El ensayo se realizó en la finca Cielito, perteneciente a la familia Peterson, ubicada en Palmira Centro, corregimiento de Palmira, Distrito de Boquete, Provincia de Chiriquí, a una altura de 1090 msnm, con un UTM 0340823 – 0966497, durante el periodo comprendido de abril a octubre de 2014.

El ensayo se llevó a cabo en parcelas de café de la variedad Catuai (Figura 5).



Figura 5. Variedad Catuai, utilizada en el ensayo.

3.2 Ensayo de Laboratorio

La producción del hongo, las pruebas de patogenicidad y virulencia del hongo entomopatógeno sobre broca del café, se llevaron a cabo en el laboratorio de biocontroladores del Sub-Centro del IDIAP de Rio Sereno y el laboratorio de Parasitología del Sub-Centro del IDIAP en Boquete, utilizando el aislamiento de una cepa nativa de *Paecilomyces spp.*

Para las pruebas de campo y laboratorio se realizó la producción del hongo, utilizando la metodología semi-industrial.

3.2.1 Producción de *Paecilomyces spp.*

3.2.1.1 Aislamiento

Para realizar la producción del hongo se utilizó un aislamiento monospórico, que garantizó la autenticidad y pureza del hongo.

Se siguió el siguiente procedimiento para realizar el aislamiento y suspensión del hongo:

1. Se sembró el hongo aislado de la broca del café en un plato Petri con medio de cultivo PDA y se incubó a 20°C durante 5 días.
2. Se purificó el hongo, aislando el micelio del hongo que creció del aislado de la broca, hasta obtener un cultivo puro.

3. Se preparó una suspensión con una solución de Tween 80. Se agregó 5 ml en el plato, luego se agitó ligeramente para separar las esporas del medio.
4. Se procedió a filtrar la suspensión en un bastidor que contenía una malla para separar el sustrato de las conidias y micelios del hongo.
5. Se colocó una gota de la solución en una cámara de Neubauer y se contó el número de esporas bajo el microscopio compuesto.

3.2.1.2 Preparación de la matriz del Hongo.

En la producción del hongo se utilizó el sustrato de arroz, con el siguiente procedimiento:

1. Se lavó el arroz con agua destilada hasta la eliminación de la semolina,
2. Se procedió a desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio al 0.05% dejando reposar por 30 minutos,
3. Se eliminó el exceso de cloro, lavando el arroz con agua limpia,
4. Escurrimiento del arroz lavado sobre el bastidor con malla por aproximadamente 45 minutos
5. Se procedió a colocar 180 gramos de arroz en un envase de polipropileno de 6 onzas con tapa que contenía un orificio en el centro, que previamente se le colocó algodón, para permitir la aireación del hongo inoculado,

6. Los envases con arroz son colocados en el autoclave para esterilizarlos a 121°C y 1 atmosfera de presión por 20 minutos,
7. Finalizada la esterilización se dejó enfriar, para posteriormente realizar la inoculación.

Para la inoculación del hongo en el sustrato, se preparó una suspensión del hongo proveniente de una matriz. Esta consistió en agregar 500 ml de agua a la matriz y Tween 80. Teniendo lista la suspensión, se procede a inocular el arroz a razón de 20 ml por envase. Terminada la inoculación se procede a llevar los envases a un cuarto de incubación por 21 días en oscuridad.

3.2.1.3 Conteo de Conidias

Se realizó una suspensión madre del hongo entomopatógeno para cada tratamiento. A cada suspensión utilizada en los tratamientos se le realizó un conteo de conidias para determinar la concentración del hongo; para ello se utilizó un hematocímetro o cámara de Neubauer.

Para el conteo de conidias se utilizó la metodología propuesta por Vélez et al. (1997); se prepararon diluciones seriadas, estas se realizaron de la siguiente manera: Se tomaron 10 ml de suspensión madre (10^0) en cada tratamiento, de los 10 ml se tomó un mililitro y se agregaron 9 ml de agua destilada en un tubo de ensayo (dilución 10^{-1}) y de ésta se tomó un mililitro y se agregaron 9 ml de agua destilada para obtener la dilución de 10^{-2} ; este procedimiento se realizó hasta obtener una dilución de 10^{-4} (Figura 6).

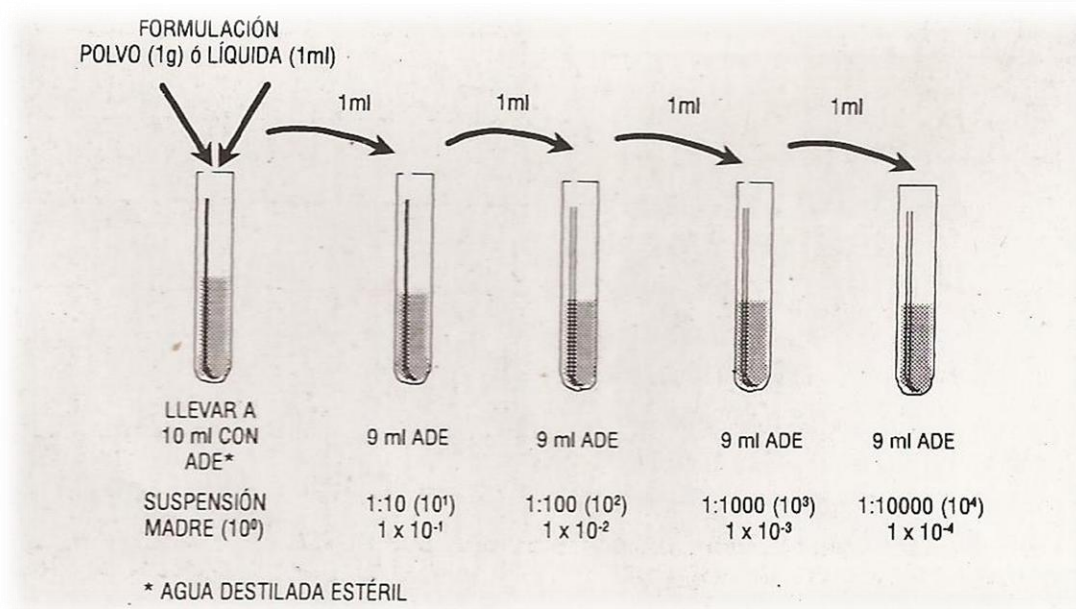


Figura 6. Preparación de las diluciones seriadas a partir de la suspensión madre (Fuente Vélez et al. 1997)

En cada suspensión preparada, de la dilución 10^{-4} se tomó 0.1 ml y se colocó en la cámara de Neubauer, se cubrió con un cubreobjetos y luego se llevó al microscopio binocular utilizando el aumento de 40x.

Para determinar el número de conidias por ml y el número total de conidias se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Conteo } \mu \times \text{Inverso de la dilución } (10^4) \times \text{Inverso del factor de cámara } (10^4) \pm \text{ desv estándar} = \text{UFC ml}^{-1}$$

3.3 Ensayo en campo

3.3.1 Ubicación de la parcela

La parcela utilizada para establecer el ensayo es café de la especie *Coffea arabica* var. *Catuai*, el sistema de siembra es café sin sombra, sin manejo de insecticidas ni fungicidas durante el ensayo.

3.3.2 Infestación de broca

Se estimó la infestación de broca (Figura 7), realizando conteos de frutos sanos y brocados, esta estimación se realizó al inicio para determinar que la parcela cumpliera con el criterio de aplicación de presentar por lo menos un 10% de infestación de broca y antes de cada aplicación del tratamiento para estimar los niveles de infestación y reinfestación. Para la estimación de la infestación se utilizaron dos bandolas (unidad experimental) por árbol sumando el número de frutos totales de las dos bandolas y el número de frutos brocados.

Para estimar el % de infestación de broca en los árboles se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ infestación} = \frac{\text{Número frutos brocados en dos bandolas/árbol}}{\text{Número total de frutos en dos bandolas/ árbol}} \times 100$$



Figura 7. Estimación de la infestación de broca del café. Relación entre el número de frutos brocados y el número total de frutos por bandola.

Se registró la reinfestación de frutos de café, este registro consistió en el conteo del número de frutos totales por ramas y el número de frutos brocados, antes de la aplicación del hongo entomopatógeno, en cada tratamiento.

El incremento de frutos brocados desde los 0 días, hasta el momento de la aplicación se estimó como porcentaje de reinfestación con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Reinf.} = \frac{\text{Total De frutos brocados 0 día} - \text{Total De brocados al momento de la aplicación}}{\text{No. Total de frutos por bandola}}$$

3.3.3 Instalación del ensayo y diseño experimental.

En el establecimiento del ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro bloques, cinco tratamientos más un testigo absoluto (Cuadro 1). La parcela experimental consistió de nueve árboles, siendo el árbol central la parcela efectiva y dos de sus bandolas la unidad experimental.

CUADRO I. TRATAMIENTOS EVALUADOS EN DÍAS EN EL CONTROL DE LA BROCA PARA DETERMINAR EL MOMENTO OPORTUNO DE APLICACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS. PALMIRA. BOQUETE. 2014

Tratamiento	Descripción	Concentración UFC m ⁻¹
1	Testigo absoluto	agua
2	0 días	3.15 X 10 ¹⁰
3	0 - 7 días	2.48 X 10 ¹⁰
4	0 - 14 días	1.94 X 10 ¹⁰
5	0 - 21 días	1.66 X 10 ¹⁰
6	0 - 28 días	9.04 X 10 ¹⁰

Las aplicaciones del hongo entomopatógeno en los tratamientos, se realizó cada 0, 7, 14, 21 y 28 días, partiendo de la infestación inicial que se calculó para cada parcela a los 0 días (Cuadro 1). Para la identificación de los tratamientos se utilizaron banderolas y las bandolas o ramas seleccionadas con cintas.

3.3.4 Calibración del equipo

Se calibró el equipo utilizado previamente antes de la aplicación del hongo en los tratamientos, se utilizó bomba de mochila de siete litros. Con el propósito de

conocer el volumen de agua requerido por tratamiento, se realizaron aplicaciones a las bandolas de cada árbol por parcela.

Para el cálculo de volumen de agua necesario se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de agua / parcela: } \frac{(\text{Volumen de agua total aplicado})}{\text{Número de Árboles Asperjados}}$$

3.3.5 Aplicación del hongo

Se preparó una suspensión del hongo *Paecilomyces*, utilizando 720 gramos de la materia prima (arroz- hongo *Paecilomyces*) en un litro de agua, con 10 ml de adherente para romper la tensión superficial y facilitar la suspensión de esporas. Luego se agitó y se filtró la solución preparada, para separar los granos del arroz de la solución del hongo. Una vez obtenida la suspensión del hongo se procedió a llevarla a cinco litros (volumen requerido por tratamiento) (Figura 8).



Figura 8. Preparación de la solución del hongo *Paecilomyces* spp. proveniente de la producción en sustrato arroz.

Antes de cada aplicación se tomaron 10 cc de la suspensión preparada y se le determinó la concentración de conidias/ml para cada tratamiento, con el propósito de conocer la concentración aplicada el hongo.

Teniendo en cuenta los periodos (tratamiento) en los cuales se realizaría cada aplicación, se realizó un muestreo previo (Figura 9) para determinar el % de infestación del ensayo. La aplicación del hongo se inició, cuando se determinó que todas las parcelas cumplieran con un mínimo de 10% de infestación de broca. La primera aplicación se realizó el día en que se determina la infestación, y a partir de esta fecha se procedió a realizar las aplicaciones cada 7 días, hasta los 28 días, dando un total de 5 aplicaciones.



Figura 9. Vista parcial del conteo previo antes de realizar la aplicación del hongo en los tratamientos.

La primera aplicación de los tratamientos se inició el 20 de agosto de 2014, al tratamiento 0 días (el día del conteo de frutos brocados). Este conteo se realizó el mismo día para todos los tratamientos. En las aplicaciones siguientes, antes de aplicar el hongo se realizaba el registro del número de frutos brocados (Figura 10). La suspensión del hongo a utilizar se preparó el día que se realizó la aplicación, siguiendo la metodología antes mencionada.

ESTABLECIMIENTO DEL PERIODO DE CUARENTENA DEL
Paecilomyces spp. EN EL MANEJO DE AL BROCA DEL CAFÉ.
INVESTIGADOR: Natividad A. Sarmiento/José A. Lezcano
LOCALIDAD: PALMIRA CENTRO INSTALACIÓN: 20/Agosto/2014
Días después de la aplicación: _____ días FECHA: 20/Agosto/2014

Trat.	No. De Frutos				% Infestación
	A Sanos	B Brocados	A Totales	B	
101		15	14	89	94
102		9	19	25	67
103		27	17	77	53
104		21	21	108	51
105		10	16	32	27
106		17	18	80	113
205		5	11	18	33
203		17	24	84	164
201		19	15	86	27
206		7	18	82	43
204		22	20	84	60
202		10	17	85	110
301		68	42	233	107
304		23	30	73	106
306		22	12	119	74
302		0	20	56	130
305		11	9	46	59
303		10	10	81	53
402		1	56	79	94
403		10	12	58	26
405		19	25	73	50
401		9	4	91	16
406		17	26	51	50
404		43	12	150	64

Observaciones:

Figura 10. Hoja de registro para el número de frutos totales y brocados en cada tratamiento del ensayo.

La evaluación de los tratamientos se realizó a los 7 y 14 días después de aplicado el hongo. En cada fecha de evaluación se observó si se encontraban en los frutos brocas muertas con crecimiento de micelio. A los 14 días se procedió a coleccionar los frutos brocados, con y sin brocas muertas micosadas, y

se trasladaron al laboratorio (Figura 11) para realizar la evaluación bajo el estereoscopio. En aquellos frutos en donde no se observaba la broca con micosis fuera del fruto, se realizó un corte longitudinal al fruto y se verificó en el canal de penetración la presencia de la broca muerta y sobre ella si se presentaba el micelio blanco que indica el crecimiento del hongo aplicado.



Figura 11. Traslado de frutos brocados al laboratorio en bolsas con cierre hermético, para evitar el escape de brocas vivas.

3.3.6 Evaluación de la aplicación del hongo

A los 14 días después de la aplicación de cada tratamiento, se evaluó la presencia de micosis en la broca en campo, realizando el conteo de frutos brocados con presencia de brocas micosadas y frutos sanos. Todos los frutos

brocados fueron trasladados al laboratorio en donde se evaluó y verificó la presencia de micosis.

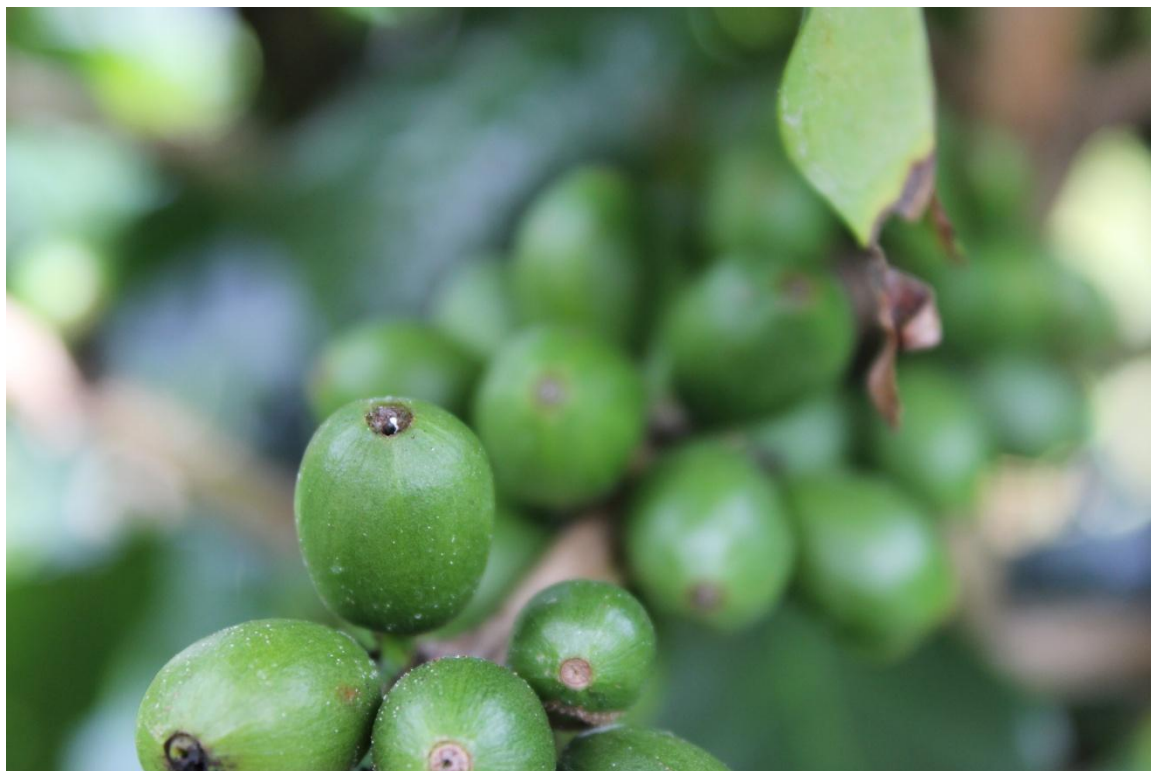


Figura 12. Después de los 14 días de aplicado el hongo *Paecilomyces* spp. sobre las bandolas, se observa la broca muerta en la entrada y con crecimiento del hongo (micosis).

La evaluación de la aplicación del hongo se realizó estimando el porcentaje de mortalidad y el % de eficacia con la fórmula de Henderson y Tilton.

El porcentaje de mortalidad se estimó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{Número de brocas muertas con micosis}}{\text{Número de frutos brocados}} \times 100$$

Para la estimación de la eficacia de la aplicación se utilizó la fórmula de Henderson y Tilton:

$$\% \text{ de Eficacia} = 100 \times [1 - (T_a \times C_b) / (T_b \times C_a)]$$

donde,

T_b = Brocas vivas en el recuento previo al tratamiento en la parcela tratada

T_a = brocas vivas después del tratamiento en la parcela tratada

C_b = Brocas vivas en el recuento previo en el testigo sin tratar

C_a = Brocas vivas después de los tratamientos en el testigo sin tratar

Para la verificación que la muerte de la broca se debe al hongo aplicado, se realizaron aislamientos de micelio presente en las brocas. Estos aislamientos se realizaron en medio de cultivo PDA se colocaron en una incubadora a 28°C, y a los diez días se verificó el hongo de acuerdo a sus características morfológicas.

Las variables evaluadas fueron: Número de frutos brocados, número de frutos totales, Número de frutos brocados micosados, porcentaje de mortalidad, % de eficacia.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey (P=0.05)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La hembra de la broca inicia su dispersión aleatoria con el abandono del fruto de origen y termina con la respuesta a los estímulos del hospedero. Este es un insecto que presenta una distribución agregada, por lo que en un cafetal su población va a ser heterogénea, como la que se muestra en la figura 13.

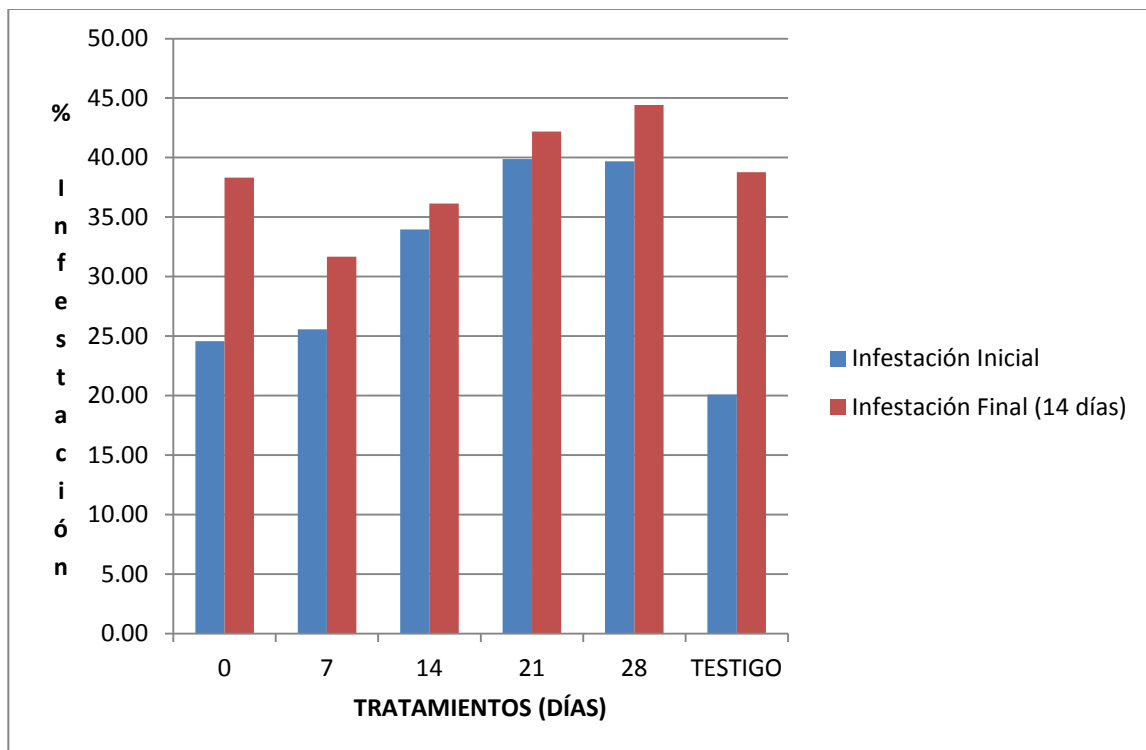


Figura 13. Infestación inicial e Infestación final, al momento de la evaluación de los tratamientos.

En la figura 13, se muestra la comparación de la infestación de broca durante el ensayo. En todos los tratamientos se presentó un aumento de la infestación de broca inicial; cabe señalar que en el testigo este incremento fue mayor. Esto nos hace pensar la importancia que tienen el monitoreo constante en la parcela de café, para la toma de decisiones con relación al control de broca.

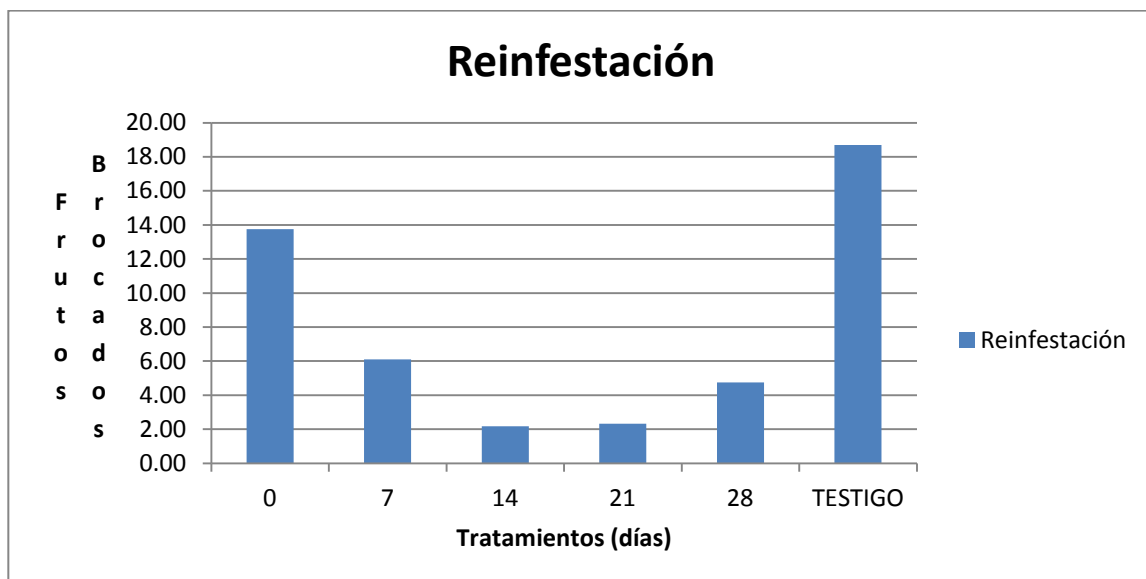


Figura 14. Re-infestación de la broca del café, al final de la evaluación del ensayo (14 días después).

La reinfestación no es más que el incremento de la infestación que se dio durante la ejecución del ensayo, y que determina la emergencia y vuelo de la hembra de la broca en búsqueda de su hospedero. Por su distribución agregada se esperaba que su presencia en los frutos en cada tratamiento fuese diferente. Este dato permite comprobar y reforzar la necesidad de la toma de decisiones en el control de *H. hampei*. En el testigo este incremento es mayor, porque coincidió con la ubicación de este en un área de mayor dispersión.

Si tomamos en cuenta que desde la estimación de la broca (día 0), y la aplicación del hongo, pasan periodos de 7 a 28 días; además, después de la aplicación pasan 14 días para la evaluación de cada tratamiento (figura 14). Esto quiere decir que después de aplicado el tratamiento a los 0, pasan 14 días,

a los 7 días pasan 21 días, a los 14 días, pasan 28 días, a los 21 días pasan 35 días y la aplicación en el tratamiento de los 28 días, pasan 42 días; por lo tanto, el testigo sin aplicación presenta una reinfestación a los 42 días, lo que explica el mayor incremento del número de frutos brocados.

El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($P=0.0148$) entre los tratamientos (Cuadro 2) para el porcentaje de reinfestación, entre los periodos de aplicación, con un coeficiente de determinación de 0.6606.

CUADRO II. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE REINFESTACIÓN DE ADULTOS HEMBRA DE BROCA DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL HONGO ENTOMOPATOGENO *Paecilomyces* spp. PARA LOS PERIODOS DE APLICACIÓN. BOQUETE. 2014

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	Pr >F
Modelo	8	4763.2198	595.4024	0.0148
Error	15	2446.2528	164.0841	
Bloques	3	97.3929	32.4643	0.8954
Tratamiento	5	4665.8269	933.1653 **	0.0038
Total	23	7209.4826		
C.V (%)	65.15	$R^2= 0.6606$		

** Diferencias altamente significativa ($P<0.01$)

Según Trujillo et al. (2006) los niveles de infestación de broca son difíciles de estimar por la distribución agregada del insecto y la heterogeneidad de las plantaciones, esto nos lleva a encontrar coeficientes altos. Esto explica un coeficiente de 65.15% encontrado en la reinfestación, que no es homogénea.

En el Cuadro 3, se presenta el análisis de varianza para la variable de mortalidad de adultos que indicó la presencia de diferencias altamente significativas de los periodos de aplicación ($P=0.0001$) con un coeficiente de variación de 14.72 y un coeficiente de determinación de 0.9488, que indica el ajuste de los datos.

CUADRO III. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA MORTALIDAD DE ADULTOS HEMBRA DE BROCA DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL HONGO ENTOMOPATOGENO *Paecilomyces* spp. PARA LOS PERIODOS DE APLICACIÓN BOQUETE. 2014

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	Pr >F
Modelo	8	17474.8960	2184.3620	0.0001
Error	15	942.71031	62.8473	
Bloques	3	99.13103	33.04368	0.6712
Tratamiento	5	17375.76503	3475.15301 **	0.0001
Total	23	18417.6063		
C.V (%)	14.72	$R^2 = 0.9488$		

** Presentó diferencias estadísticas altamente significativa ($P < 0.01$)

El análisis de varianza para la mortalidad de adultos hembra de broca del café (Cuadro 4) para la concentración del hongo entomopatógeno, reveló existencia de diferencias altamente significativas ($P = 0.0023$) entre los periodos de aplicación, con un Coeficiente de Variación de 13.57% y un Coeficiente de determinación de 0.7552.

CUADRO IV ANALISIS DE VARIANZA PARA LA MORTALIDAD DE ADULTOS HEMBRA DE BROCA DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL HONGO ENTOMOPATOGENO *Paecilomyces* spp., PARA LA CONCENTRACIÓN EN UFC ML⁻¹ DEL HONGO ENTOMOPATOGENO. BOQUETE. 2014

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	Pr >F
Modelo	8	3585.0507	512.1501	0.0023
Error	15	922.8841	76.9070	
Bloques	3	1269.61041	423.20347	0.6793
Concentración	5	118.95723	39.65241	0.0005
Total	23	3466.09356	866.52339	
C.V (%)	13.57	R ² = 0.7552		

Para la eficacia de la aplicación del hongo *Paecilomyces* (Cuadro 5), el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas siendo (P= 0.0001), entre los períodos de aplicación con un coeficiente de Variación de 12.97% y un coeficiente de determinación de 0.9551.

CUADRO V. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EFICACIA DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *Paecilomyces* spp., SOBRE ADULTOS HEMBRA DE BROCA, PARA EL PERIODO DE APLICACIÓN. BOQUETE. 2014

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	Pr >F
Modelo	8	21997.1539	2749.6442	0.0001
Error	15	1033.1409	68.8760	
Bloques	3	1523.532495	507.844165	0.0062
Tratamiento	5	20727.54357	4145.50871 **	0.0001
Total	23	23030.2949		
C.V (%)	12.97	R ² = 0.9551		

** Diferencias altamente significativa (P<0.01)

Para el análisis de varianza para la eficacia del hongo *Paecilomyces spp.* sobre adultos hembras de broca del café, según a concentración del hongo, mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0042$) entre los periodos de aplicación, un coeficiente de variación de 10.5% y un coeficiente de determinación de 0.7708 (Cuadro 6).

CUADRO VI. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EFICACIA DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *Paecilomyces spp.*, SOBRE ADULTOS HEMBRA DE BROCA, PARA LA CONCENTRACIÓN EN UFC ML^{-1} DEL HONGO ENTOMOPATOGENO. BOQUETE. 2014

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	Pr >F
Modelo	8	2620.7282	374.3897	0.0042
Error	15	779.2188	64.9349	
Bloques	3	1523.532495	507.844165	0.0037
Concentración	5	1097.195770	274.298942 *	0.0231
Total	23	3399.9470		
C.V (%)	10.50	$R^2= 0.7708$		

* Diferencias significativas ($P<0.05$)

El Cuadro 7, muestra que el mayor valor de reinfestación se dio en el testigo sin tratar, seguido de los periodos 0 días, 7 días, no presentando diferencias significativas entre ellos. En la mortalidad de brocas, el mayor valor se obtuvo en el periodo de 7 días después de la estimación de la infestación. En la eficacia de la aplicación, el mayor valor se presentó a los 7 días, siendo esta de 86.39%, seguido de a los 0 días (79.34%), 21 días (79.31%) y 14 días (74.71%), no presentando diferencias estadísticas entre ellos.

CUADRO VII COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA % DE REINFESTACIÓN, MORTALIDAD Y EFICACIA DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *Paecilomyces* spp., SOBRE ADULTOS HEMBRA DE BROCA, PARA LOS PERIODOS DE APLICACIÓN DEL HONGO ENTOMOPATOGENO. BOQUETE. 2014

Días de aplicación	% de Reinfestación	% de Mortalidad	Eficacia de la aplicación
Testigo	44.788 A	0.00 D	0.000 D
0 días	30.153 A	77.677 AB	79.338 AB
0 a 7 días	17.795 AB	81.059 A	86.395 A
0 a 14 días	6.083 B	57.25 C	74.708 AB
0 a 21 días	5.760 B	61.386 BC	79.313 AB
0 a 28 días	13.030 B	45.619 C	63.95 B

Medias seguidas de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$)

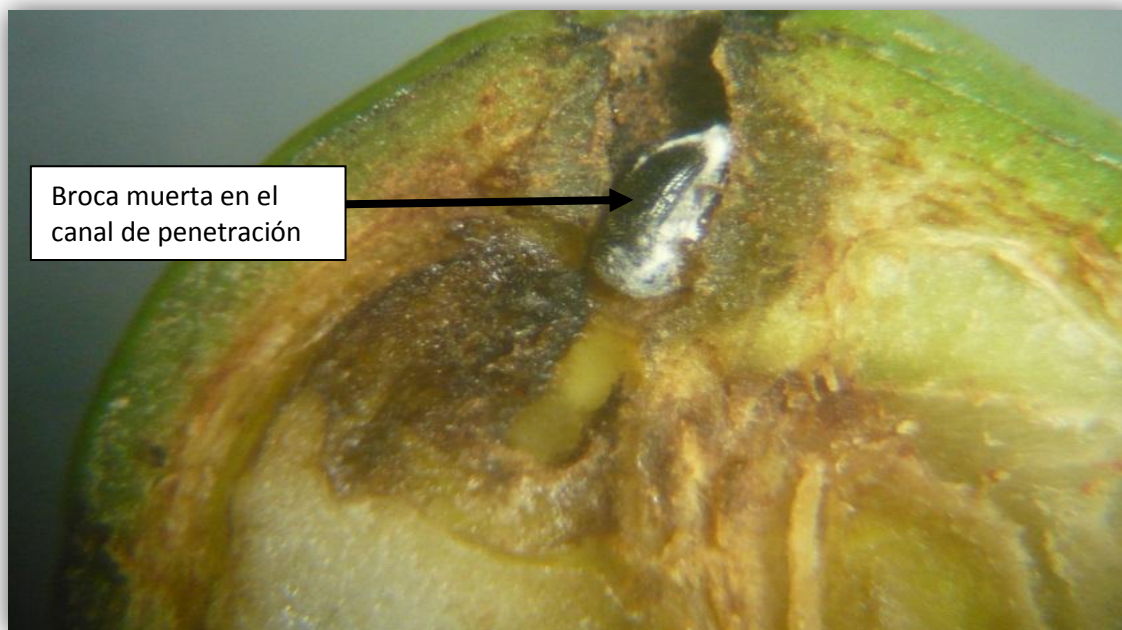


Figura 15. Vista parcial de la broca muerta en el canal de penetración después de la aplicación del hongo *Paecilomyces* spp.

El resultado del corte longitudinal de los frutos (Figura 15), que no presentaban crecimiento de micelio en la entrada del canal de penetración, se observó que la broca se encontraba muerta y con crecimiento de micelio del hongo, que posterior se comprobó que era *Paecilomyces* spp.

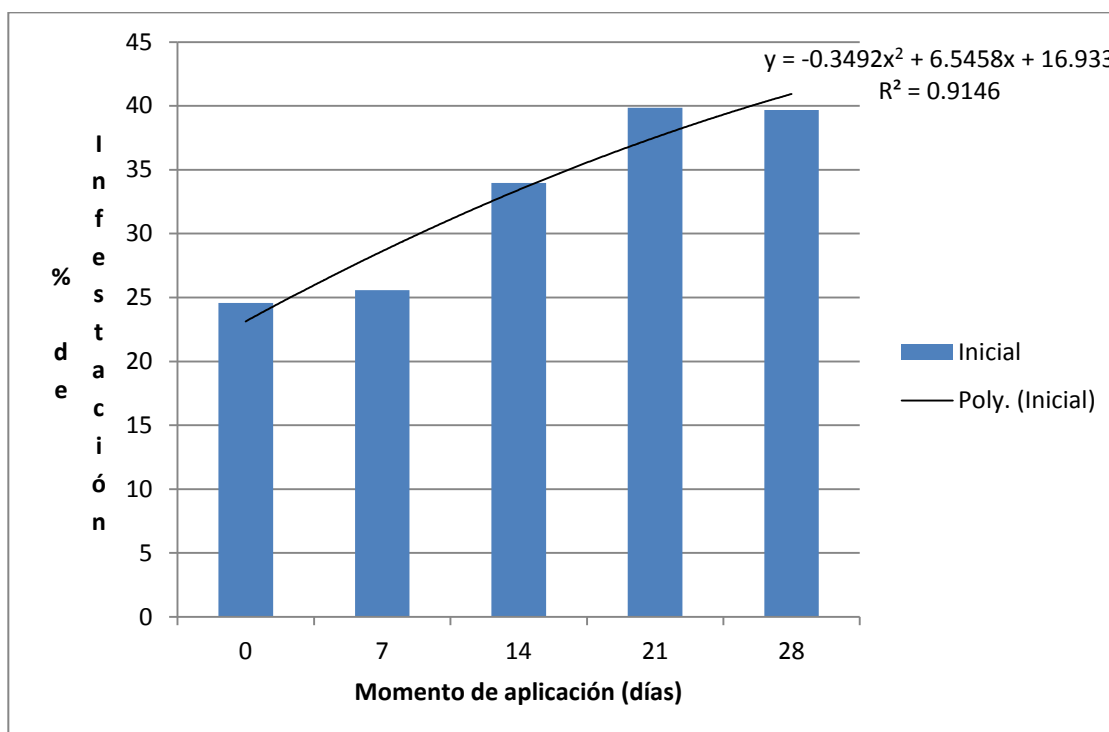


Figura 16. Porcentaje de infestación de frutos, al momento de la aplicación de los tratamientos.

En la Figura 16, se muestra el porcentaje de infestación inicial en todos los tratamientos estimado el mismo día y como se incrementa de acuerdo al momento en que decidimos realizar el control. Esta infestación a los 0 días, muestra una infestación por debajo del 25%, pero superior al 10%, criterio utilizado para la instalación del ensayo; a los siete días se presenta un pequeño incremento del porcentaje de infestación, a los 14 días este incremento aumenta

en casi en 10 por ciento y a los 21 y 28 días este incremento aumenta a 15 por ciento. Entre estos valores no se presentó diferencias estadísticas.

Estos datos mostrados una línea de tendencia con un r^2 de 0.9146, que indica que los datos se ajustan a esta línea de tendencia, presentando una ecuación de la forma $y = 0.349x^2 + .6.5458x + 16.933$

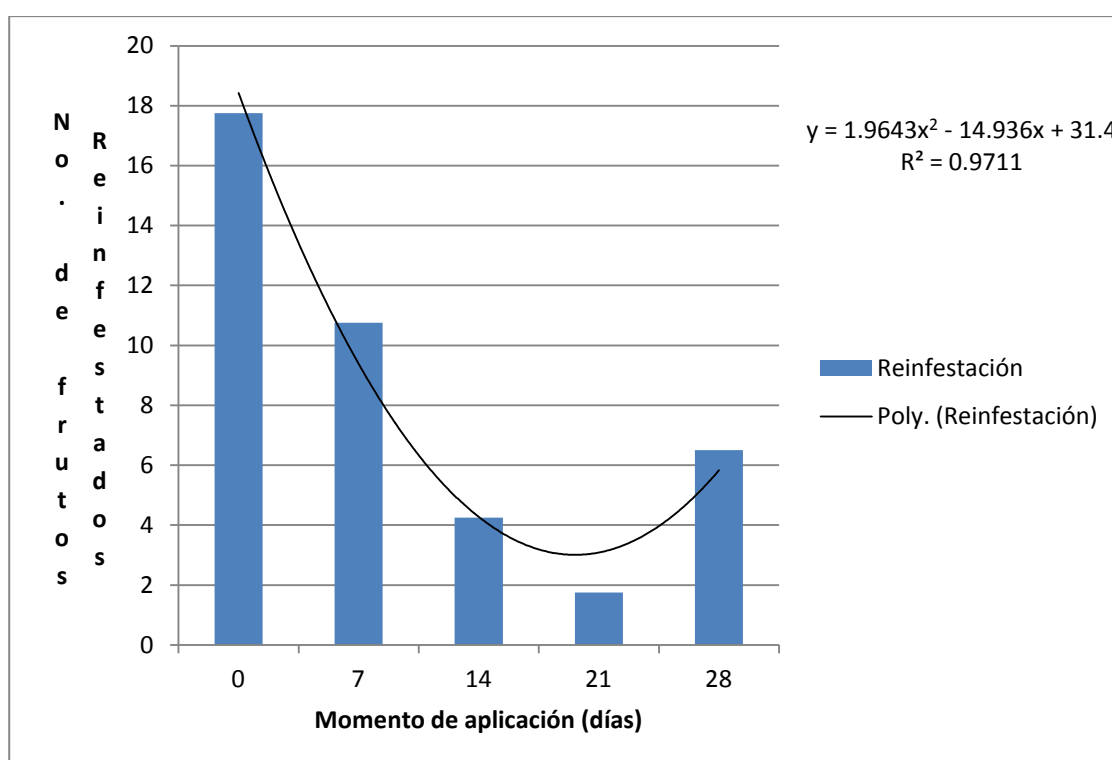


Figura 17. Número de frutos re-infestados, al momento de la evaluación de los tratamientos.

Los datos de la figura anterior se muestran más claramente en la Figura 17. La reinfestación de broca en los periodos evaluados, muestran más alto a los 0 y siete días, con una tendencia baja a los 14 días y 21 días, aumentando a los 28 días. Este comportamiento de la reinfestación muestra una línea de tendencia

polinómica, que muestra una ecuación del tipo cuadrática, $y = 1.9642x^2 - 14.936x + 31.4$, con un r^2 de 0.9711.

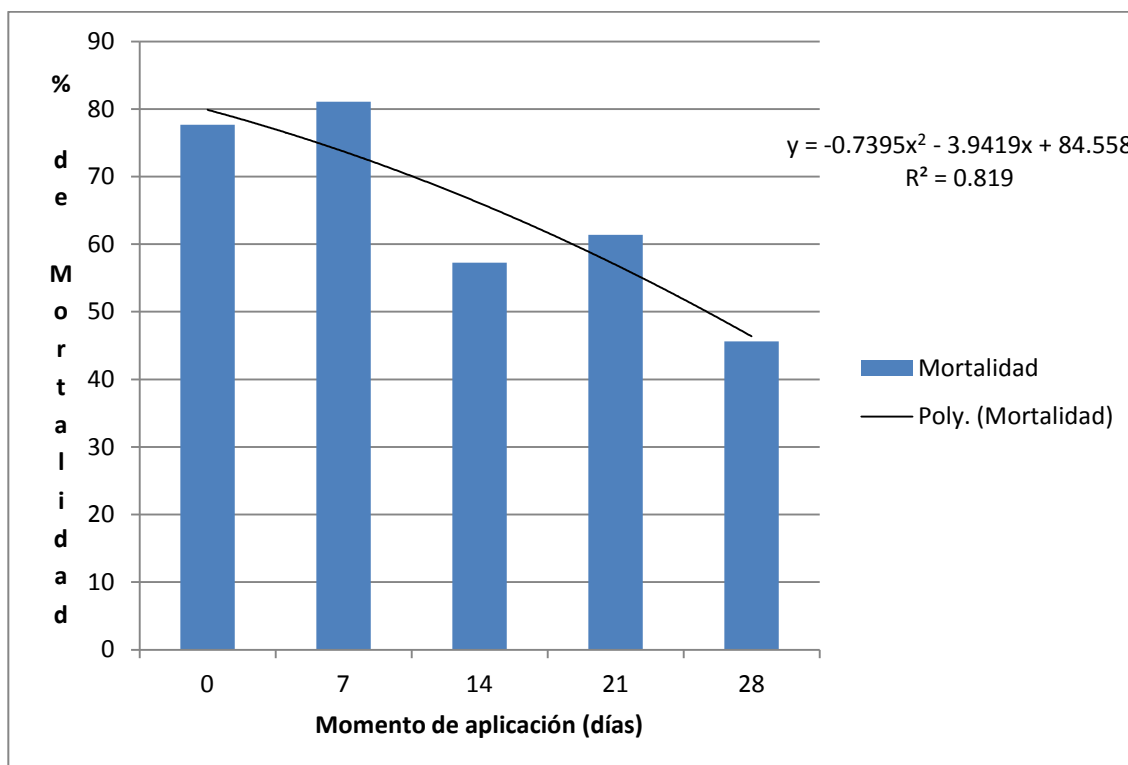


Figura 18. Porcentaje de mortalidad de adultos de broca, a los 14 días después de la aplicación del hongo *Paecilomyces* spp., para cada periodo de aplicación.

En la Figura 18, muestra la mortalidad de adulto de broca en los periodos de aplicación del hongo entomopatógeno de 0 a los 28 días. El periodo que presentó el mayor valor de mortalidad fue de 0 a 7 días, o sea, desde que estimamos la infestación, esperamos siete días para realizar el control con el hongo; con un porcentaje de mortalidad superior al 80%. Si tomamos esto en cuenta, tenemos un periodo de 0 a 7 días como el más oportuno de aplicación de hongo entomopatógeno. Esto se explica, porque aunque en siete días se da

una re-infestación, la broca todavía se encontraba en el canal de penetración cuando realizamos el control.

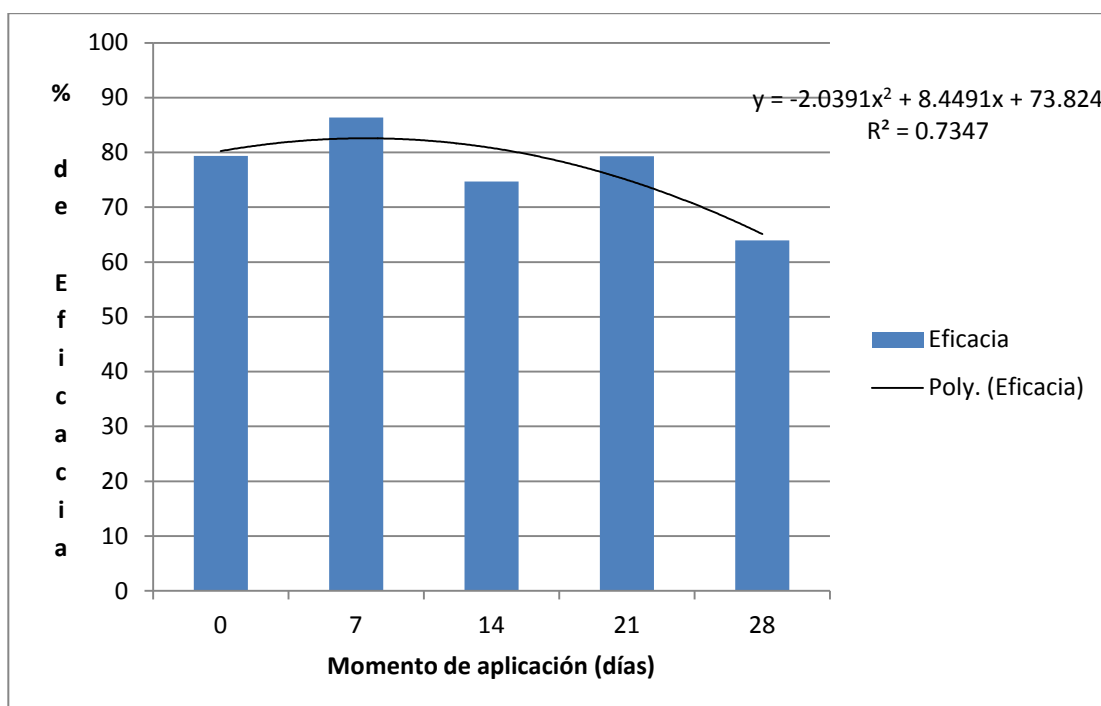


Figura 19. Porcentaje de eficacia de la aplicación del hongo entomopatógeno *Paecilomyces* spp., a los 14 días después de la aplicación en cada periodo de aplicación.

La eficacia de aplicación (Figura 19) mejora la respuesta de la broca del café a la aplicación del hongo, ampliándose el periodo de aplicación de 0 a 21 días. Esto quiere decir que desde el momento en que detectamos infestaciones de broca en el campo, tenemos la oportunidad de controlarla en un periodo de 0 a 21 días, pero debemos tener presente que el porcentaje de eficacia de la aplicación del hongo va disminuyendo, como explicaba en el párrafo anterior, a medida que la broca permanezca más tiempo en el fruto, se va acercando al cotiledón o semilla; cuando esto se da, cualquier control no tendrá la eficacia esperada.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Después de realizado este estudio se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La infestación de broca más alta en el ensayo se registró en los cafetos que permanecieron sin tratamiento.
2. El periodo de aplicación de mayor mortalidad de *H. hampei* producida por el hongo entomopatógeno *Paecilomyces spp.* se encontró dentro de los primeros siete días después de haber detectado la infestación.
3. La presencia de micosis en los adultos de la broca después de la aplicación de *Paecilomyces spp.* se encontró a los 14 días.
4. El rango de aplicación de *Paecilomyces spp.* puede ampliarse hasta los 28 días, sin embargo, su eficacia disminuirá, cuanto más se aleje del momento oportuno de aplicación que es a los 7 días

5.2 Recomendaciones

1. Validar la efectividad del hongo considerando este periodo de aplicación para fincas en Boquete y Renacimiento.

2. Cuantificar el efecto del uso de esta recomendación en términos de rendimiento de frutos sanos.
3. Incluir esta alternativa de manejo de la broca, en el programa del Manejo Integrado de la Broca del Café.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Asociación Nacional de Café de Guatemala (ANACAFE). 1998. Manual de caficultura. 3ra. Edición. Guatemala. 318p.
- Arredondo, H; Rodríguez, L. 2008. Casos de control biológico en México. Grupo Mund-Prensa. México. 423p.
- Batista C, D. 2005. Café especial. Renacimiento apuesta por su cultivo. Lente gráfico: En busca del perfil de café. Panamá. La Prensa. Panamá, PA Feb. Martes 22.
- Baker, P. S. 1984. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern México (Coleoptera: Scolytidae). Folia Entomol. Mex. 61:9-24
- Barrera, JF. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Himenóptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Tesis de Doctorado. Université Paul-Sabatier, Francia. 301 p.
- Barrera, JF; Infante, F; De la Rosa, W; Castillo, A; Gómez, J. 2000. Control biológico de la broca del café. En: M.H. Badii, A. E. Flores; L. J. Galán Wong (eds). Fundamentos y Perspectivas de control Biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León. México pp. 211-229
- Bibliowicz, A; Amador, M; Gómez, D. 1997. Evaluación de diferentes medios naturales de propagación para el hongo entomopatógeno *Paecilomyces*

- fumosoroseus. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 120p.
- Borbón MO. 2004. Eficacia de las trampas de vasos para el monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) en Nicaragua y Costa Rica. En: Manejo da broca do café. Workshop internacional. Londrina. Brasil. 140p.
- Brown, A; Smith, G. 1957. The genus *Paecilomyces* bairnes and its perfect stage *Byssochlamys westling*. Transaction of the british mycological society 40 (1) 30 -70
- Bustillo P., AE; Cárdenas, MR.; Villalba, G; Benavides H, P; Orozco, HJ; Posada, FJ. 1998. Manejo Integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 134p.
- Bustillo, AE; Castillo H; Villalba, D; Morales, E; Vélez, P. 1991. Evaluaciones de campo con el hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. ASIC, 14e. Colloque, San Francisco, U.S.A. p. 679-686.
- Bustillo P, AE. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32: 101-116.
- _____. 1991. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen), Medellín, Colombia. Miscelánea No. 18 p. 106-118.

- Cañedo, V; Ames, T. 2004. Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. Lima, Perú; Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 62 p
- Cárdenas, R. 1991. La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). En: Seminario sobre broca del café. Socolen, Medellín, 21 de mayo de 1990. Miscelánea (18) 1-13
- Campos A, O. 2005. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México. Pp. 38-45
- Castillo, S. 2006. Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén. Guatemala. CATIE. Costa Rica. 78p.
- Cerrud, D. 2011. Cuantificación de las pérdidas económica en beneficio, causadas por la broca del café (*Hypothenemus hampei*) sobre la cosecha en 6 fincas cafetaleras de Renacimiento, Chiriquí. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Universidad de Panamá. 160p
- Charnley, AK. 1992. Mechanism of fungal pathogenesis in insect with particular reference to locusts. In:Lomer, C. J.; C. Prior (eds.) Biological control of locusts and grasshoppers Melkshan, UK:CAB International. Pp. 181-190
- Giordanengo, P. 1992. Biologie, éco-éthologie et dynamique des populations du scolyte des grains de café, *Hypothenemos hampei*, Ferr. (Coleoptera: Scolytidae) en Nouvelle calédonie. Memoria. Tesis de Doctorado. Universidad Rennes I. 109p.

- Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, C. 2000. Manejo Integrado de plagas en el cultivo de café. Nicaragua. CATIE. P. 18-38.
- Ferrón, P. 1981. Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In Burges, H.D. Ed. Microbial control pest and plant diseases 1970-1980. London, Academic Press. P. 465-482.
- Gallegos M., G.; M. Cepeda S.; R. P. Olayo P. 2000. Entomopatógenos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Div. Agronomía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 65- 97.
- Gurharay, 2001. Manual para el Manejo de la Broca en los cafetos. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 27p.
- Koch, CK. 1986. La Broca del Café *Hypothenemus hampei* Ferr. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sanidad vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Programa Nacional de Café. Deuchfe Gefellfchaft Fuer Technifch Zusammenarbeit. Tumbaco. Ecuador. pp.36-37.
- Lezcano B, JA; Serrano, C. 2008. Determinación del número de floraciones y etapas críticas de desarrollo del fruto del café para el manejo preventivo de la broca del café en Renacimiento y Boquete. Informe Anual de Investigación. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 2p.
- Lezcano B, JA; Serrano, C. 2009. Manejo de la broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en base a la floración del cultivo de café. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 19p.
- Lezcano B., JA; Caballero, C. 2012. Eficacia del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el control de *Hypothenemus hampei*

- (Coleoptera: Scolytidae). En: 39 Congreso, Sociedad Colombiana de Entomología. Nuevas tecnologías en la entomología. Ibagué, Julio 11 al 13 de 2012. Colombia. pp. 17-18.
- Lezcano B., JA; Ruíz, R; Saldaña, E; Caballero, S; Serrano, C. 2013. Control biológico de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Panamá. En: 58 Reunión Anual PCCMCA. Honduras. Del 22 al 26 de abril de 2013. p. 141.
- Lezcano B., JA; Ruíz, R; Saldaña, E; Caballero, S; Serrano, C. 2013. Control biológico de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Panamá. En: XXVI Congreso Científico nacional. Investigación, Innovación, Desarrollo Tecnológico. Universidad de Panamá. Panamá. p. 89.
- Lezcano B, J. A. 2015. Proyecto de Investigación e Innovación Tecnológica para el Manejo Integrado de *Hemileia vastatrix* e *Hypothenemus hampei* para la Competitividad de la Cadena Agroalimentaria de Café (PITCAFE). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 33p.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). 2013. Caracterización del Sistema Productivo de café en Tierras Altas de la provincia de Chiriquí. Proyecto de Zonificación Agroecológica (PRONAZA). Secretaría Técnica. Panamá. 71p.
- Monroig, MF. 2005. Descripción de variedades de *Coffea arabica* más cultivadas en Puerto Rico. Ecos del café. Disponible: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id45.htm>

- Murphy A, R. J. 2007. Diseño de un medio de cultivo para la producción de conidios de *Paecilomyces* sp. PC013 mediante fermentación bifásica. Tesis Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Bogotá, Colombia. 111p.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2006. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/RefSeq/>
- Nava C, U; Avelés G, MC; Fu C, AA; Navarro S, L. 2006. Feromonas para el monitoreo y control de plagas de cultivos. Hortícolas pheromones for monitoring and controlling insect pests in vegetable crops. Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. J.F Barrera & P. Montoya (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México. ISBN 970-9712-28-4. México. p. 59-70.
- Posada F, FJ. 1998. Production, formulation and application of *Beauveria bassiana* for control of *Hypothenemus hampei* in Colombia Ph.D. Dissertation. University of London, UK.
- Posada F, FJ; Bustillo, AE; Saldarriaga, G. 1993. Primer registro del ataque de *Hirsutiella eleutheratoum* sobre la broca del café en Colombia. Cenicafé. Colombia. 44:155-158.
- Ramírez, G; Mora, M. 2001. La Broca del fruto del café nos amenaza. Boletín Informativo. ICAFE. San José Costa Rica.
- Rosales M, M; Silva A, A; Rodríguez G, G. 1999. Estrategia para el manejo integrado del minador de la hoja y la broca del fruto del café (en línea).

FONAIAP. Consultado 4 dic. 2014. Disponible en <http://www.fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fd60/broca.html>

Ruiz, R; Saldaña, E. 2012. Evaluación de la eficacia biológica de dos cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* y una cepa de *Beauveria bassiana* en la supresión de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari, en Río Sereno, Panamá. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Universidad de Panamá. Panamá. 150p.

Samson, RA; Evans, HC; Latgé, JP. 1988. Atlas of entomopathogenic fungi. new york: springer-verlag. 187p.

Santacreo, R. 1998. Variedades y mejoramiento genético del café. FAO. Sistema de Información Científico-Técnico. Honduras. Resumen 027. Disponible en: <http://www.ihcafe.org/>

Suoza, JC; Reis, PR. 1993. Broca do café: historic, reconhecimento, biología, prejuizos, monitoramento e controle. Belo Horizonte. BR. EPAMIG. Boletín Técnico. (40) 28p.

Sibaja, G; Jiménez, M. 1989. La broca del café. MAG. San José, Costa Rica. 16p.

Tanada, Y; Kaya, H. 1993. Insect Pathology. Academic Press. San Diego, California. USA. 666p.

TRUJILLO E, H. I; ARISTIZÁBAL A., L. F.; BUSTILLO P., A. E.; JIMÉNEZ Q., M. 2006. Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. Sociedad

Colombiana de Entomología. Revista Colombiana de Entomología.
Colombia. 32 (1): 39-44

Thurston, DH. 1998. Coffee. Tropical plant diseases. The American
Phytopathology Society. 2a edition. St. Paul, Minnesota. Cornell
University Ithaca, New York. Press APS. pp. 119-121.

Vélez A., P. E.; F. J. Posada F.; P. Marin M.; M. T. González G.; E. Osorio V.; A.
E. Bustillo P. 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones
de hongos entomopatógenos. Federación Nacional de Cafeteros de
Colombia. CENICAFE. Boletín Técnico No.17. ISSN 0120-047 X.
Colombia. pp. 1-10.

Waterhouse, DF; Norris, KR. 1989. Hypothenemus hampei (Ferrari), In:
Biological control pacific prospects. Supplement 1. Australian Centre for
International Agricultural Research. Canberra Australia. pp.56-75.

ANEXOS

ANEXO 1.

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 1
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Rep	4	1 2 3 4
tratamiento	6	0días 14días 21días 28días 7días testigo

Número de observaciones 24
 MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 2
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Porcentaje de_ReInfest ReInfest

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	4763.219850	595.402481	3.65	0.0148
Error	15	2446.262813	163.084188		
Total correcto	23	7209.482663			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	__ReInfest Media
0.660688	65.15116	12.77044	19.60125

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	97.392913	32.464304	0.20	0.8954
tratamiento	5	4665.826937	933.165387	5.72	0.0038

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 3
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Variable dependiente: número de frutos Reinf Reinf

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2886.666667	360.833333	2.20	0.0900
Error	15	2465.166667	164.344444		
Total correcto	23	5351.833333			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Reinf Media

0.539379 103.2458 12.81969 12.41667

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	121.833333	40.611111	0.25	0.8621
tratamiento	5	2764.833333	552.966667	3.36	0.0309

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015 4
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Mortalidad Mortalidad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	17474.89605	2184.36201	34.76	<.0001
Error	15	942.71031	62.84735		
Total correcto	23	18417.60637			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Mortalidad Media
0.948815 14.72671 7.927632 53.83167

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	99.13103	33.04368	0.53	0.6712
tratamiento	5	17375.76503	3475.15301	55.30	<.0001

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015 5
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Eficacia_Henderson y_Tilton Eficacia H/T

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	21997.15398	2749.64425	39.92	<.0001
Error	15	1033.14091	68.87606		
Total correcto	23	23030.29490			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Eficacia_H_T Media
0.955140 12.97749 8.299160 63.95042

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	1269.61041	423.20347	6.14	0.0062
tratamiento	5	20727.54357	4145.50871	60.19	<.0001

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015 6
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para __ReInfest

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	163.0842
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	29.338

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	44.788	4	testigo
A			
B A	30.153	4	0días
B A			
B A	17.795	4	7días
B			
B	13.030	4	28días
B			
B	6.083	4	14días
B			
B	5.760	4	21días

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 7
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Reinf

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	164.3444
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	29.452

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	33.500	4	testigo
A			
B A	17.750	4	0días
B A			
B A	10.750	4	7días
B A			
B A	6.500	4	28días
B A			
B A	4.250	4	14días
B			
B	1.750	4	21días

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 8
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Mortalidad

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	62.84735
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	18.213

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	81.059	4	7días
A			
B A	77.677	4	0días
B			
B C	61.386	4	21días
C			
C	57.250	4	14días
C			
C	45.619	4	28días
D	0.000	4	testigo

MOMENTO DE APLICACION DE HE EN EL CONTROL DE LA 9
 BROCA DEL CAFÉ 21:35 Thursday, February 11, 2015
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Eficacia_H_T

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	68.87606
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	19.066

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	86.395	4	7días
A			
B A	79.338	4	0días
B			
B A	79.313	4	21días
B			
B A	74.708	4	14días
B			
B	63.950	4	28días
C	0.000	4	testigo

ANEXO 2.

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 1
 PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
BLOQ	4	1 2 3 4
concent	5	1.66 x 10 ¹⁰ 1.94 x 10 ¹⁰ 2.48 x 10 ¹⁰ 3.15 x 10 ¹⁰ 9.04 x 10 ⁹

Número de observaciones 20
 MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 2
 PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Reinf Reinf

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	776.400000	110.914286	1.97	0.1448
Error	12	676.800000	56.400000		
Total correcto	19	1453.200000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Reinf Media
0.534269	91.58528	7.509993	8.200000

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	145.200000	48.400000	0.86	0.4890
concent	4	631.200000	157.800000	2.80	0.0748

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 3
 PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
 NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Mortalidad Mortalidad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	3585.050799	512.150114	6.66	0.0023
Error	12	922.884106	76.907009		
Total correcto	19	4507.934905			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Mortalidad Media

0.795276 13.57575 8.769664 64.59800

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	118.957231	39.652410	0.52	0.6793
concent	4	3466.093568	866.523392	11.27	0.0005
MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO					4

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Eficacia_H_T Eficacia H/T

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	2620.728265	374.389752	5.77	0.0042
Error	12	779.218830	64.934902		
Total correcto	19	3399.947095			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Eficacia_H_T Media
 0.770814 10.50061 8.058220 76.74050

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	1523.532495	507.844165	7.82	0.0037
concent	4	1097.195770	274.298942	4.22	0.0231
MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO					5

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Reinf

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 12
 Error de cuadrado medio 56.4
 Valor crítico del rango estudentizado 4.50760
 Diferencia significativa mínima 16.926

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent
A	17.750	4	3.15 x 10 ¹⁰
A	10.750	4	2.48 x 10 ¹⁰
A	6.500	4	9.04 x 10 ⁹

A	4.250	4	1.94 x 10 ¹⁰	
A				
A	1.750	4	1.66 x 10 ¹⁰	

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO 6

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Mortalidad

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	76.90701
Valor crítico del rango estudentizado	4.50760
Diferencia significativa mínima	19.765

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent	
A	81.059	4	2.48 x 10 ¹⁰	
A				
A	77.677	4	3.15 x 10 ¹⁰	
A				
B A	61.386	4	1.66 x 10 ¹⁰	
B				
B	57.250	4	1.94 x 10 ¹⁰	
B				
B	45.619	4	9.04 x 10 ⁹	

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO 7

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Eficacia_H_T

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	64.9349
Valor crítico del rango estudentizado	4.50760
Diferencia significativa mínima	18.162

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent	
A	86.395	4	2.48 x 10 ¹⁰	
A				
B A	79.338	4	3.15 x 10 ¹⁰	
B				
B A	79.313	4	1.66 x 10 ¹⁰	
B				
B A	74.708	4	1.94 x 10 ¹⁰	

B
B 63.950 4

ANEXO 3

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 1
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
BLOQ	4	1 2 3 4
concent	5	1.66 x 10 ¹⁰ 1.94 x 10 ¹⁰ 2.48 x 10 ¹⁰ 3.15 x 10 ¹⁰ 9.04 x 10 ⁹

Número de observaciones 20
MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 2
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Reinf Reinf

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	776.400000	110.914286	1.97	0.1448
Error	12	676.800000	56.400000		
Total correcto	19	1453.200000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Reinf Media
0.534269	91.58528	7.509993	8.200000

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	145.200000	48.400000	0.86	0.4890
concent	4	631.200000	157.800000	2.80	0.0748

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT 3
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO
06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Mortalidad Mortalidad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	7	3585.050799	512.150114	6.66	0.0023
Error	12	922.884106	76.907009		
Total correcto	19	4507.934905			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Mortalidad Media
0.795276	13.57575	8.769664	64.59800

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	118.957231	39.652410	0.52	0.6793
concent	4	3466.093568	866.523392	11.27	0.0005

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO 4

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Eficacia_H_T Eficacia H/T

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	2620.728265	374.389752	5.77	0.0042
Error	12	779.218830	64.934902		
Total correcto	19	3399.947095			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Eficacia_H_T Media
0.770814	10.50061	8.058220	76.74050

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
BLOQ	3	1523.532495	507.844165	7.82	0.0037
concent	4	1097.195770	274.298942	4.22	0.0231

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO) NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO 5

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Reinf

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	56.4
Valor crítico del rango estudentizado	4.50760
Diferencia significativa mínima	16.926

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent
A	17.750	4	3.15 x 10 ¹⁰
A			
A	10.750	4	2.48 x 10 ¹⁰
A			
A	6.500	4	9.04 x 10 ⁹
A			
A	4.250	4	1.94 x 10 ¹⁰
A			
A	1.750	4	1.66 x 10 ¹⁰

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

6

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Mortalidad

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	76.90701
Valor crítico del rango estudentizado	4.50760
Diferencia significativa mínima	19.765

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent
A	81.059	4	2.48 x 10 ¹⁰
A			
A	77.677	4	3.15 x 10 ¹⁰
A			
B A	61.386	4	1.66 x 10 ¹⁰
B			
B	57.250	4	1.94 x 10 ¹⁰
B			
B	45.619	4	9.04 x 10 ⁹

MOMENTO OPORTUNO DE APLICACION DE HONGOS ENTOMOPAT
PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE (SIN TESTIGO)
NATIVIDAD SARMIENTO/JOSE LEZCANO

7

06:33 Thursday, February 11, 2015

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Eficacia_H_T

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	64.9349
Valor crítico del rango estudentizado	4.50760
Diferencia significativa mínima	18.162

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	concent		
A	86.395	4	2.48×10^{10}		
A					
B A	79.338	4	3.15×10^{10}		
B A					
B A	79.313	4	1.66×10^{10}		
B A					
B A	74.708	4	1.94×10^{10}		
B					
		B		63.950	4