



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

Trabajo de Tesis

Efecto de *Beauveria bassiana* (Bals y Vuils) y dos tipos de atrayentes artesanales para el manejo de la broca (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) en el cultivo de café

Autor

Br. Carlos Enrique Cruz Rodríguez

Asesor

MSc. Trinidad Castillo Arévalo

Presentado a la consideración del honorable
comité evaluador como requisito final para
optar al grado de Ingeniero en Sanidad Vegetal

Managua, Nicaragua

Julio, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Sanidad Vegetal

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Víctor Ramón Monzón Ruíz

Presidente

Ing. Tatiana Eunice Rivas

Secretaria

MSc. Santos Romero

Vocal

Lugar y fecha:

Managua , Nicaragua, 06/Julio /2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Rosario Rodríguez y hermana Grethel Urbina Rodríguez, quienes siempre creyeron en mi persona y estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida.

Y a todas aquellas personas que fueron parte del proceso de profesionalización, alumnos, docentes.

Br. Carlos Enrique Cruz Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi creador DIOS y a mi señor Jesucristo porque me han dado lo suficiente para lograr todo lo que propuesto y por consiguiente tenerme en el lugar en donde me encuentro el día de hoy.

A mis viejos, abuela y hermana por los buenos valores transmitidos y el apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

A mi novia Nahomi por apoyarme en todo momento y que siempre estuvo a mi lado.

Br. Carlos Enrique Cruz Rodríguez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	i
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Importancia de la caficultura en Nicaragua y el mundo	4
3.2 Participación de Nicaragua en la producción mundial de café	5
3.3 Bondades del café	5
3.4 Factores determinantes en la producción de café	6
3.5 ¿Qué factores provocan las plagas en el cultivo de café?	6
3.6 Gestión del cultivo de café	6
3.7 Antecedentes de la broca <i>Hypothenemus hampei</i>	7
3.8 Distribución geográfica de <i>Hypothenemus hampei</i>	7
3.9 Rango de hospederos de <i>Hypothenemus hampei</i>	7
3.10 Ciclo de vida de <i>Hypothenemus hampei</i>	8
3.10.1 Huevos	8
3.10.2 Larva	8
3.10.3 Pupa	9
3.10.4 Adulto	9
3.11 Daño económico de <i>Hypothenemus hampei</i>	10
3.11 Prevención de <i>Hypothenemus hampei</i>	11
3.12 Control cultural de <i>Hypothenemus hampei</i>	12
3.13 Control biológico	12
3.14 Control químico	13

3.15 Uso de atrayentes y trampas en el manejo de <i>Hypothenemus hampei</i>	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 Ubicación del estudio	15
4.2 Diseño metodológico	16
4.3 Diseño experimental	17
4.4 Manejo agronómico	17
4.5 Descripción del M.A.L. para el experimento	18
4.6 Tratamientos evaluados	18
4.7 Variables evaluadas	19
4.7.1 Número de frutos brocados	19
4.7.2 Brocas por atrayentes	19
4.8 Método de conteo de conidias	20
4.9 Recolección de datos	21
4.10 Análisis de datos	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1 Numero de frutos brocados	22
5.2 Numero de brocas capturadas	24
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	27
VIII. BLIBLOGRAFIAS CITADA	28
IX. ANEXOS	31

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
	Cultivo de café en las actividades agrícolas a nivel nacional (Millones US\$) en la	
1	última década	19
2	Tratamientos y dosis a evaluadas de <i>B. bassiana</i>	32
	Tratamientos y dosis evaluadas de los atrayentes artesanales	
3		32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Participación de Nicaragua en la producción mundial de café cosecha 2014 – 2015 OIC	5
2	Ubicación de la Finca La Esperanza, La Dalia, Matagalpa	15
3	Número de frutos brocados	22
4	Número de brocas capturadas	24

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Diseño de campo (distribución de los tratamientos de <i>B. bassiana</i> y de los atrayentes artesanales)	33
2	Análisis de varianza de para la variable frutos brocados	34
3	Análisis de varianza para el atrayente café tostado +alcohol al 95 %	35
4	Análisis de varianza para el atrayente granos inmaduros de café +alcohol al 95 %	36
5	A. Plantaciones de café de la variedad catimore en la finca La Esperanza, B. Etiquetado de las plantas muestreadas por tratamientos de <i>B. bassiana</i> .	37
6	A. Muestra de la cepa Bbt34, B. Concentraciones de las dosis de <i>B. bassiana</i> por tratamientos de izquierda a derecha Bb 1×10^{-8} Bb 1×10^{-10} Bb 1×10^{-12}	38
7	A cepa del hongo <i>B. basiana</i> Bbt34, B proceso de la dilución seriada para el conteo de conidias	39
8	A. conteo de conidias de <i>B. basiana</i> . B. Instrumentos y herramientas utilizadas en el conteo	40
9	Preparación y aplicación del hongo <i>B. bassiana</i>	41
10	Establecimiento de trampas con sus respectivos atrayentes. A granos de café inmaduros, B café molido respectivamente	42
11	A. Muestreo de los tratamientos, B. Instrumento de recolección de datos, C. Grano de café con el hongo <i>B. bassiana</i> , D. Broca parasitando grano de café, E. Muestreo en campo de frutos brocados	43

RESUMEN

La caficultura nicaragüense es afectada por una serie de problemas fitosanitarios de plagas, enfermedades y malezas. Entre las plagas de mayor importancia económica encontramos la broca del fruto *Hypothenemus hampei* (Ferrari), afecta directamente al fruto, con la consecuente reducción de hasta 50% de la producción. El siguiente estudio se realizó en la finca del productor Lucas Cruz en el departamento de Matagalpa. Los objetivos fueron evaluar el efecto que tienen las tres dosis *B. bassiana* en las poblaciones de broca y comparar la fluctuación poblacional mediante el uso de atrayentes artesanales. La investigación tuvo un diseño bifactorial en DCA de corte transversal con una duración de cuatro meses con cuatro repeticiones. En el área útil se tomaron cinco plantas de un surco y cinco del otro, para un total de 10 plantas. El área total del experimento fue de 640 m². El número total de plantas en todo el experimento fue de 288 con una densidad poblacional de 3500 plantas de café/ha. Los tratamientos fueron *B. bassiana* 1×10⁻¹², *B. bassiana* 1×10⁻¹⁰, *B. bassiana* 1×10⁻⁸, testigo y dos tipos de atrayentes artesanales los cuales consistían en granos de café inmaduros triturados + alcohol etílico al 95% y segundo café procesado en polvo + la misma cantidad de alcohol. Las variables evaluadas fueron número de frutos brocados y número de brocas por atrayentes. Se realizaron monitoreos cada 15 días para un total de dos monitoreos. Se registró que el tratamiento *B. bassiana* 1×10⁻¹² fue el que tuvo mayor efectividad con una media de 4.95, granos brocados seguido por *B. bassiana* 1×10⁻¹⁰ con 6.24, *B. bassiana* 1×10⁻⁸ con 7.30 y el testigo con de 9.30 demostrando que el hongo tiene influencia positiva significativamente en el insecto reduciendo significativamente el daño. Entre los atrayentes, café en molido polvo + alcohol etílico 95 % demostró ser más efectivo que granos de café inmaduros + alcohol etílico 95 % con una media de 4.63 en la primera fecha y 3.50 en la segunda fecha de muestreo.

Palabras clave: Parasitismo, concentración, monitoreo, fluctuación, hongo

ABSTRACT

Nicaraguan coffee growing is affected by a series of phytosanitary problems caused by pests, diseases, and weeds. Among the most economically important pests is the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Ferrari), which directly affects the fruit, resulting in a reduction of up to 50% in production. The following study was conducted on the farm of producer Lucas Cruz in the department of Matagalpa. The objectives were to evaluate the effect of three doses of *B. bassiana* on coffee berry borer populations and compare population fluctuations using artisanal attractants. The study had a two-factor cross-sectional ACD design lasting four months with four replications. In the usable area, five plants were harvested from one row and five from the other, for 10 plants. The total area of the experiment was 640 m². The total number of plants throughout the experiment was 288, with a population density of 3,500 coffee plants/ha. The treatments were *B. bassiana* 1×10⁻¹², *B. bassiana* 1×10⁻¹⁰, *B. bassiana* 1×10⁻⁸, control and two types of artisanal attractants which consisted of crushed immature coffee beans + 95% ethyl alcohol and second processed coffee powder + the same amount of alcohol. The variables evaluated were the number of brocaded fruits and number of borers per attractant. Monitoring was carried out every 15 days for two monitoring sessions. It was recorded that the *B. bassiana* 1×10⁻¹² treatment was the most effective with an average of 4.95, brocaded beans followed by *B. bassiana* 1×10⁻¹⁰ with 6.24, *B. bassiana* 1×10⁻⁸ with 7.30 and the control with 9.30 demonstrating that the fungus has a significantly positive influence on the insect, significantly reducing damage. Among the attractants, ground coffee powder + 95% ethyl alcohol proved more effective than unripe coffee beans + 95% ethyl alcohol, with a mean of 4.63 on the first date and 3.50 on the second sampling date.

Keywords: Parasitism, concentration, monitoring, fluctuation, fungus

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el cultivo de *Coffea arábica L.*, comienza en los años de 1790 por un grupo de religiosos o misioneros católicos para adornar sus monasterios. En un inicio se hizo como una simple curiosidad, pero al notar o descubrir el valor y la demanda de esta planta comenzó su explotación (Ramírez, 2009).

El 25 % del territorio nacional dedicado a la exportación, es ocupado por el cultivo de café. Siendo un total de 180 220 manzanas, equivalentes a 126 154 ha, generando un tercio del empleo rural (más de 300 000 empleos) y generando \$ 576.15 millones aportando el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y el 21% del PIB agrícola (Pacheco y otros, 2018).

Según el Ministerio de Agricultura [(MAG, 2023)] se registran 240 mil hectáreas de café, de los cuales el 84% son pequeños productores, y la mayoría de las áreas están ubicadas en los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia. Es por esta razón que las plagas se han desarrollado con mucha más libertad, debido a que la gran mayoría de pequeños productores no cuentan con un capital muy extenso para poder librar batalla contra este tipo de amenaza.

La caficultura nicaragüense es afectada por una serie de limitaciones, problemas agronómicos, dificultades en el manejo de plagas, enfermedades y malezas. Entre las plagas de mayor importancia económica encontramos la broca del fruto *Hypothenemus hampei* (Ferrari), este insecto es considerado la principal plaga que afecta a los productores de café afecta directamente al fruto, con la consecuente reducción de hasta 50% de la producción (Lezaun, 2016).

La broca del café se encuentra entre las plagas de mayor importancia en este cultivo y constituye una seria amenaza para la caficultura (Castillo y Ortiz, 2008). Se calcula que la broca afecta la economía de unos 20 millones de familias cultivadoras de café, que además han sufrido las continuas bajas de los precios de este rubro por la especulación en los mercados internacionales (Uribe, 2024).

Las estimaciones más antiguas de pérdidas ocasionadas por la broca se basaron principalmente en el porcentaje de frutos perforados y granos dañados. Por ello, en literatura de referencia se citan pérdidas de hasta 80%. El fruto del café es alimento para todas las etapas de desarrollo ya que la larva y hembra adulta se alimentan del fruto del café, causando la destrucción del mismo

y los adultos cumplen su ciclo de vida dentro del fruto donde también se alimentan, proporcionando además un medio para su crecimiento y reproducción (Shuman, 2008).

Esta plaga puede causar la pérdida de toda una cosecha si no se toman medidas adecuadas de control. En Nicaragua en la cosecha de 2016-2017, se presentó un grave problema de infestación de broca en los cafetales. Según la Asociación de Exportadores de Café, el conteo normal de esa plaga es del 3% de afectación en las plantaciones, pero en 2016 fue del 20% al 30% (Beer y otros, 2004)

Es difícil tomar medidas de control después de la recolección, por lo cual lo más prudente es prevenir el ataque. El control se ve dificultado debido a la poca predictibilidad del clima, los patrones de floración y los procesos migratorios del barrenador. La aplicación de un determinado control de manera conjunta y cronometrada es difícil debido a que el café es un árbol perenne, con varias floraciones y con un largo período de floración y fruto (Colonia, 2012).

A pequeña escala, el control preventivo se realiza inspeccionando rigurosamente las salidas y entradas de frutos contaminados a las fincas cafeteras con el objeto de evitar el comienzo de una epidemia. A gran escala, es esencial la implementación de políticas fronterizas que supervisen la entrada de la broca en países donde se cultiva café (Sotomayor y Duicela, 2015).

Tradicionalmente el control más común de *H. hampei* es el uso de agroquímicos. Estos productos además de ser altamente tóxicos se han acumulado en el suelo, en las plantas y en el grano del café, causando intoxicaciones en los mismos trabajadores (Matus y Jiménez, 2020).

Es por esta razón que este trabajo de investigación tiene como objetivo principal encontrar alternativas de insecticidas para el manejo de dicha plaga de tal manera que pueda ser accesible para los pequeños y medianos productores, y que contribuyan de manera directa a mejorar su economía.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Contribuir información mediante la evaluación de dosis de *Bauveria bassiana* y de diferentes atrayentes artesanales para un mejor manejo de la broca en la finca La Esperanza en el departamento de Matagalpa.

2.2 Objetivos específicos

Comparar el efecto que tienen la dosis *B. bassiana* en el manejo de *H. hampei* en la finca La Esperanza mediante las incidencias de frutos brocados.

Evaluar la fluctuación poblacional de *H. hampei* en la finca La Esperanza a través del uso de atrayentes artesanales.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Importancia de la caficultura en Nicaragua y el mundo

El café tiene grandes implicaciones sociales. En primer lugar, posee gran valor simbólico a través de la historia de la humanidad. Para millones de personas tomar una taza de café por la mañana es un rito o costumbre personal. Además de que se justifique su consumo como incentivo adicional para enfrentar las jornadas laborales (Jürgen y Salazar, 2012)

Por otro lado, el proceso de producción del cultivo, empaquetado, distribución y comercialización son actividades de carácter global; que afectan a diversas culturas, grupos sociales y organizaciones dentro de esas mismas culturas, que se interrelacionan mediante el café. Como es el caso de que gran parte del café que es consumido en Europa y los Estados Unidos; es importado de Sudamérica y otras partes del mundo. La caficultura es una fuente muy importante de divisas para los países productores y provee medios de vida y seguridad alimentaria a los numerosos pequeños productores que se dedican a esta actividad (Shuman, 2008).

Cuadro 1. Cultivo de café en las actividades agrícolas a nivel nacional (Millones US\$) en la última década.

Conceptos	Años				
	2010	2011	2012	2013	2014
PIB a Precios Constantes (US\$)	4,629	4,918	5,170	5,404	5,658
PIB Agrícola (US\$)	381	410	399	412	433
Valor agregado del café oro (US\$)	107	109	97	93	100
Participación del café en las actividades agrícolas (%)	28.14	26.69	24.29	22.58	23.25
Participación del café en el PIB (%)	2.3	2.2	1.9	1.7	1.8

Fuente: (GRUN, (s.f))

3.2 Participación de Nicaragua en la producción mundial de café

Según el Ministerio de agropecuario [MAG,2023], la actividad cafetalera sostiene económicamente al 15% de la población nacional y el 54% en el sector agropecuario. Uno de los principales generadores de divisas. En el 2015 fue de \$395.73 millones, (15.6 % del total de exportaciones). Nicaragua en los últimos 5 años, se encuentra entre los primeros 13 países productores de café de 56 países según estadísticas de la OIC.

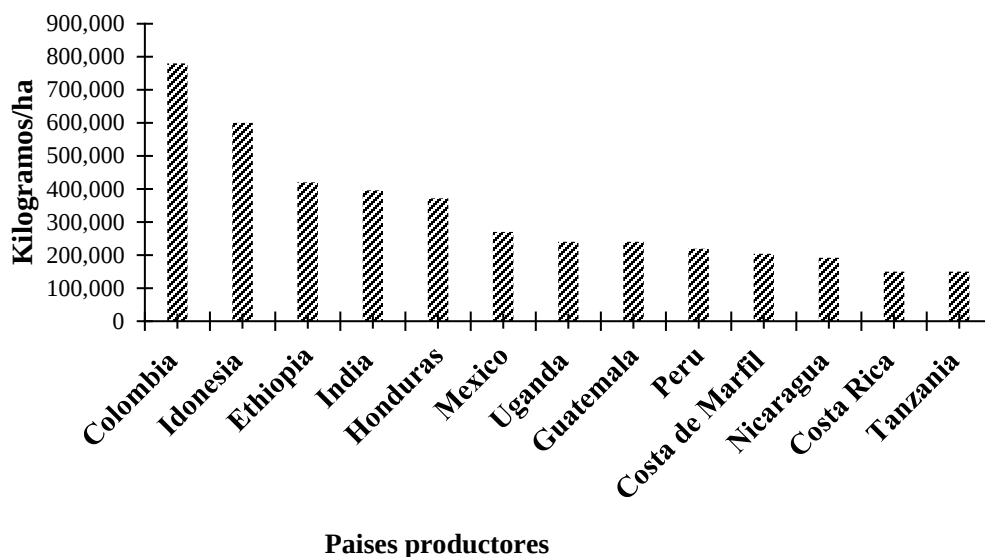


Figura 1. Participación de Nicaragua en la producción mundial de café cosecha 2014 – 2015 según (GRUN, (s.f)).

3.3 Bondades del café

Su importancia nutricional la relaciona negativamente con la cafeína si se consume en exceso. Sin embargo, también se le asocian algunas propiedades beneficiosas; como la lucha contra las cefaleas, incluso contra la diabetes, las enfermedades cardiovasculares hasta el cáncer y la cirrosis. Una tasa de infusión de café posee un 94,5 % de agua; además de una cantidad importante de potasio y otros elementos (Benavides y Romero, 2009).

3.4 Factores determinantes en la producción de café

Los factores climáticos en realidad son los más determinantes, en especial el manejo de la sombra. Aunque también la temperatura; temperaturas por debajo de los 10 ° C generan clorosis y retardo del crecimiento. Humedades superiores al 85 % pueden provocar enfermedades fungosas; y precipitaciones por encima de los 3000 mm pueden traer como consecuencia problemas fitosanitarios (Higuera y Rivera, 2018).

En condiciones de cambio climático, las actividades agrícolas probablemente serán severamente afectadas en América Latina y el Caribe, con disminuciones importantes en los rendimientos. Es probable que las plagas amplíen su territorio, y los procesos de degradación de suelos aumentarán, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Etiopía y Colombia presentan datos positivos durante los últimos 4 años, no obstante que las problemáticas persisten, pero con tratamientos que han ayudado a disminuir el daño (Jürgen y Salazar, 2012).

Del mismo modo los totales de producción presentados por la USDA y la OIC difieren en cantidades, posiblemente porque la OIC no maneja la totalidad el mercado cafetalero y han ayudado a disminuir el daño. Ejemplo de ello es el caso de la roya, que puede ser contrarrestado mediante la plantación de variables nuevas de cafetos más resistentes, acción llevada a cabo en Colombia (Lezaun, 2016).

3.5 ¿Qué factores provocan las plagas en el cultivo de café?

El cultivo del café está sujeto al ataque de artrópodos que, de conformidad con las condiciones climáticas, sistema de cultivo o desequilibrio biológico pueden causar daños considerables perjudicando el desarrollo y producción de las plantas (Machado y otros, 2013).

3.6 Gestión del cultivo de café

Una buena comprensión de la agricultura puede marcar la diferencia en cuanto al control de las plagas y enfermedades. Los caficultores dependen de plantas productivas y resistentes para seguir siendo competitivos. Si el manejo del cultivo es deficiente, podría tener un impacto grave en la cosecha y las ganancias (Shuman, 2008).

Por ejemplo, los cafetos dañados pueden ser más sensibles a las infecciones por hongos y una fertilización inadecuada puede provocar debilidad estructural e incluso algo tan insignificante como dejar hojas caídas en el suelo puede presentar problemas como aumentar la posibilidad de que aparezca moho y puede brindar un escondite a las plagas (Colonia, 2012).

3.7 Antecedentes de la broca *Hypothenemus hampei*

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytinae), se encuentra entre las plagas de mayor importancia en este cultivo y constituye una seria amenaza para la caficultura. Es originaria del África Oriental, Uganda de la región cercana al Lago Victoria. A principios del siglo veinte, se diseminó en semillas de café a Java, Sumatra y Brasil (Acosta , 2009).

Fleiotiaux en el 1901, fue el primero en reportarla como plaga del cafeto. Reportes indican que la plaga apareció en Java en el 1909 y el 1910. En 1918 fue reportada en Sumatra y en Sao Paulo en Brasil. En el 1922 se establecen las primeras medidas de cuarentena, cuando Serratet, ministro de Las Colonias Francesas impone restricciones a la introducción de productos vegetales (Barrera , 2010).

3.8 Distribución geográfica de *Hypothenemus hampei*

Es originaria del África ecuatorial y fue introducida al continente americano a principios del siglo pasado. Actualmente se encuentra prácticamente en todos los países productores de café distribuido al este de Arabia Saudita, Sri Lanka, Tailandia, Vietnam América central, Cuba Jamaica, República Dominicana y América del Sur (Molina , 2022).

3.9 Rango de hospederos de *Hypothenemus hampei*

El rango de hospederos de la broca del café se extiende más allá de sus hospederos regulares en el género *Coffea*. Ha sido reportado en frutas, semillas o vainas de las especies *Centrosoma*, *Crotalaria*, *Phaseolus* y *Tephrosia* (Fabaceae), *Leucaena* (Mimosaceae), *Caesalpinia* (Caesalpinaceae), *Hibiscus* (Malvaceae), *Rubus Oxanthus* (Rubiaceae), *Vitis* (Vitaceae) y *Ligustrum* (Oleaceae), sin embargo, estas asociaciones son consideradas únicamente como alimentación casual de los adultos (Bustillo y otros, 2010).

En África la única especie fuera del género *coffea* en la cual se ha encontrado etapas inmaduras de la broca del café es *Dialium lacourtianum* (Caesalpiniaceae). Una revisión de los hospederos del género *Hypothenemus* fue realizada por Johanneson y Mansigh (1984) en la misma concluyen que *H. hampei* es una especie monófaga y que ataca solamente a seis especies del género *coffea*. Sin embargo, presentan una lista de 23 especies en 11 familias botánicas en las cuales hembras adultas de *H. hampei* han sido reportadas (Bustillo, 2007).

En contraste, en Filipinas reportan el hallazgo de huevos, larvas y pupas de *H. hampei* en *Leucaena leucocephala* (Mimosaceae), *Gliricidia sepium* (Fabaceae) dos especies de *Psychotria* (Rubiaceae) y una de *Dioscorea* (Dioscoreaceae). En pruebas de laboratorio se encontró que adultos de *H. hampei* se alimentan en vainas de cuatro de dichas especies y también en vainas de otras 19 especies en órdenes (Colonia, 2012)

3.10 Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei*

3.10.1 Huevos

La hembra penetra el grano fisiológicamente maduro para poner los huevos en una cámara localizada en el cáliz de la flor. Los huevos son puestos a razón de 8 a 12 por cámara. El periodo de oviposición se extiende de tres a siete semanas, donde cada hembra puede producir alrededor de 30 a 70 huevos. Una hembra puede atacar varios granos y poner cerca de 30 huevos en promedio (Monzon , 2007).

El huevo de color blanco-hialino, de forma oblonga y con superficie lisa; mide hasta 0.7mm de largo y 0.3 mm de ancho. El periodo de incubación de los huevos dura un promedio de 3-9 días, dependiendo de la temperatura y condiciones ambientales (Matus y Jiménez, 2020).

3.10.2 Larva

La larva es apoda (sin patas), de color blanco, la cabeza color marrón. El primer instar barrena tejido intacto de la cereza haciendo bolsillos de apertura al túnel principal barrenado por la hembra madre. La larva macho completa sus dos etapas larvales en un promedio de 15 días

mientras que la larva hembra completa sus tres estadios larvales en alrededor de 19 días (Constantino y otros, 2011).

El largo periodo de oviposición resulta en la presencia de larvas en todas las etapas de desarrollo en el mismo grano. Al final de la etapa larval hay un cese en la actividad de alimentación o estado de pre-pupa el cual dura aproximadamente 2 días (Sotomayor y Duicela, 2015).

3.10.3 Pupa

El insecto pupa, sin formación de capullo en las galerías excavadas por la larva. La etapa pupal dura un promedio de 4 a 9 días. El periodo desde la ovoposición hasta la emergencia del adulto es de 25 a 35 días (Acosta , 2009).

3.10.4 Adulto

Los machos adultos emergen de la pupa antes que las hembras. Sus alas son cortas y no vuelan, permaneciendo en el grano, fertilizando a las hembras según emergen. Cada macho puede fertilizar dos hembras diariamente, hasta el máximo de 30 durante su vida adulta que se extiende hasta 103 días (Uribe, 2024).

Las hembras superan a los machos en una razón sexual de 10 a 1 y son responsables de la distribución de la especie a través de vuelos cortos a 6 arbustos vecinos. Las hembras que han sido fertilizadas permanecen en “grano madre” por tres o cuatro días, al final de este periodo se consideran sexualmente maduras. Luego abandonan los granos a través de los huecos de entrada y depuse de un periodo de pre-oviposición de 4 a 20 días, comienza la postura de huevos (Constantino y otros, 2011).

El promedio de vida de la hembra se ha estimado en 156 días con un máximo de 282 días. El largo de la hembra adulta de *H. hampei* varía de acuerdo con su lugar de origen; en América varia de 1.4 a 1.7mm hembras y machos miden entre 1.9 mm y 1.3 mm, respectivamente de largo. En Malasia el largo promedio de hembras es y machos es de 1.58 mm y 0.99 mm, respectivamente (Fernández y Cordero, 2007).

El caculo es de color marrón cuando emerge de la pupa luego de un período de 4-5 días cambia a color negro; con el protórax con una leve tonalidad rojiza. El protórax es marcadamente jorobado, por lo cual la cabeza no es visible desde arriba. La tibia tiene espinas fuertes las cuales ayudan en actividades tales como el barrenado de túneles en la pulpa de las ceras de café, expulsión de la excreta y la caída forzada del grano de café a tierra (Monzon , 2007).

3.11 Daño económico de *Hypothenemus hampei*

El ataque de este insecto tiende a agregarse en algunos arbustos o ramas en vez de distribuirse parejo. Una vez la hembra ha sido fertilizada, esta vuela a los granos de café que han comenzado a madurar y barrena un hueco de entrada en el ápice, ya sea en el terminal del poro o en el cáliz o en anulo del tejido diferenciado que rodea el poro. La hembra como ya se indicó, ataca los granos haciendo una galería que es ensanchada al final en el cual deposita sus huevos (Fernández y Cordero, 2007).

La ovoposición se realiza generalmente en granos maduros, también ataca el grano seco en (pergamino) en los almacenes. Una vez que la larva nace comienza a alimentarse para lo cual hace túneles en varias direcciones, destruyendo el grano (Constantino y otros, 2011).

Los machos pasan toda su vida dentro de una galería, mientras que las hembras vuelan y ovipositan en varios granos. La broca hace perforaciones en los granos verdes y maduros para alimentarse, también puede atacar los secos y caídos. Las larvas continúan perforando, haciendo galerías en los granos y se puede observar materia excretada y un polvo muy fino en la superficie, causando daño a la cosecha tanto en calidad como en cantidad (Fernández y Cordero, 2007).

Los granos de café pueden mostrar una o varias perforaciones que se pueden ver en el punto donde estuvo la corola. Al abrirla podrán observarse al final una galería y en ella un pequeño caculo robusto de color pardo negro, en granos maduros podrán observarse varias larvas alimentándose del mismo (Fernández y Cordero, 2007).

El ataque a las plantaciones varía de acuerdo con ciertos factores tales como: temperatura, humedad, tipo de cultivo, grado de infestación inicial, etc. En el caso de ataques severos, las

perdidas en rendimiento pueden fluctuar entre el 30 al 80% de la cosecha. Además de la pérdida total de la cosecha a causa de la destrucción del grano, caída del fruto y pudrición, otro daño muy importante se produce cuando el producto deprecia, por causa de granos deteriorado (Ramírez, 2009).

Entre las variedades más afectadas están las Arábicas y Robusta y Quillou, y en un menor grado Excelsa y Libérica. La susceptibilidad al ataque aparenta estar relacionada a la altitud sobre el nivel del mar a la que se encuentran las plantaciones y las condiciones de la zona cafetalera. Otro daño causado por la broca el cual contribuye a empeorar la situación económica de los caficultores son las medidas de control que deben implementarse forzosamente y las medidas de cuarentena a que el país afectado está expuesto una vez la plaga es detectada en su territorio (Velásquez , 2019)

3.11 Prevención de *Hypothenemus hampei*

Debe evitarse por todos los medios a nuestro alcance la entrada de esta plaga al país, para lo cual debe cumplirse con las regulaciones que la ley de cuarentena establece. Las personas que viajen a lugares infestados por esta plaga deben abstenerse de traer material vegetal o de otra índole (especialmente café en grano seco) que pudiera ser un medio de diseminación al insecto (Colonia, 2012).

La plaga puede propagarse de un lugar a otro por los siguientes medios: Movilidad de adultos, particularmente hembras únicas con capacidad de vuelo, traslado de implementos de cosecha y beneficiado de un lugar a otro, el tránsito de personas y vehículos por zonas afectadas, el agua de lavado de los beneficiados y otros subproductos del mismo, mediante semillas de café, otro material vegetativo, y material de empaque (sacos), enseres y equipos de los obreros en el campo, traslado de personas o productos agrícolas de zonas afectadas a zonas libres de la plaga (Machado y otros, 2013).

Es muy probable que el movimiento intercontinental de esta plaga es hecho por el hombre, pues no existe evidencia de movimiento a través de las masas de aire. Los granos infestados son el vehículo de dispersión más obvio, pero existen otras formas a las cuales se deben aplicar

medidas cuarentenarias. En el 1983, Reid observo en Jamaica hembras de la broca del café entre los residuos de producción de una planta empacadora de guineos en ruta al embarque (Campos, 2022).

Generalmente, los caculos se dispersan en sacos, llenos o vacíos y en la ropa y equipo de los trabajadores de campo. Bajo ciertas condiciones los caculos barrenan en la madera y otros materiales buscando protección, debido a esto se sugiere a las autoridades en zonas libres de la broca la aplicación de restricciones más rigurosas y cuidadosas antes de permitir la entrada de material no tratado de áreas infestadas (Castillo y Ortiz, 2008).

Por otro lado, el caficultor debe inspeccionar con cuidado sus plantaciones, lo mismo que el beneficiador debe hacer inspección del producto que llega a sus manos especialmente café importado seco, y el procesado para detectar granos dañados (Ramírez, 2009).

3.12 Control cultural de *Hypothenemus hampei*

Las plantaciones no pueden tener mucha sombra. Hacer la cosecha del grano a tiempo y en su mayoría. Los árboles tienen que ser cosechados por completo. En plantaciones infestadas hay que disponer de los desechos, los mismos pueden ser compostados o quemados (Lezaun, 2016).

Se recomienda tomar estrictas de saneamiento, en la plantación. Al removerse los granos infestados del suelo también se remueve parte de la población de la plaga. Otra práctica recomendada es la limpieza del equipo de recolección, transporte y almacenamiento, para evitar diseminar la plaga en lugares libres de ella. El beneficiado húmedo se prefiere debido a que elimina una gran cantidad de larvas y adultos, principalmente por la fermentación y secado del grano (Espinoza, 2017).

3.13 Control biológico

Las investigaciones en el campo del control biológico se centran principalmente en el uso y la mejora de hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Además, se trabaja en la introducción y liberación de parasitoides de su lugar de origen, incluyendo especies como *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* (Vera y otros, 2007).

Las hormigas de las especies *Wasmannia* sp. y *Crematogaster* sp., así como el *Xylocoris* sp., y los coleópteros *Cathartus quadricollis*, *Monamus* sp. y *Prometopia* sp., son algunos de los depredadores naturales de la broca (Uribe, 2013).

3.14 Control químico

Parece ser que los insecticidas son efectivos justo cuando la hembra entra en el endoespermo, no obstante, su efecto se minimiza a medida que la infección se desarrolla. Los insecticidas clorpirifós (O,O-dietylO-3,5,6-tricloro-2-pyridylfosforotioato) y endosulfán (6,9-metano-2,4,3-benzodioxatien) son los más usados para el control de la broca (Campos, 2022)

El endosulfán causa una alta mortalidad, pero se han encontrado organismos resistentes en Nueva Caledonia. Son comunes los casos de envenenamiento, por lo que hoy se intenta recurrir a agentes más inocuos tales como fenitrothion, fenthion y pirimiphos methyl. No obstante, en general cualquier insecticida es peligroso para la salud del ser humano y dañino para el ambiente (Uribe, 2024).

3.15 Uso de atrayentes y trampas en el manejo de *Hypothenemus hampei*

La mezcla de etanol y metanol en proporciones adecuadas ha demostrado ser altamente efectiva para atraer a las hembras de la broca del café. Esta combinación imita los compuestos volátiles liberados por el fruto del café, que son los que atraen naturalmente a la broca. Aunque en menor medida, también se han investigado otros atrayentes como el café tostado molido, pero los alcoholes siguen siendo los más efectivos (Quispe y otros, 2015).

Es importante destacar que la efectividad de los atrayentes puede variar según las condiciones climáticas, la ubicación geográfica y la población de la broca del café. Por lo tanto, se recomienda consultar con expertos locales o instituciones de investigación agrícola para obtener información más precisa y actualizada sobre el uso de atrayentes en su área específica (Quispe y otros, 2015).

En México, investigaciones demostraron la efectividad de las trampas durante los períodos entre cosechas, especialmente al utilizar extractos de la variedad de café Robusta. En Venezuela, Arrieta (2004) también obtuvo resultados positivos en la captura de la broca, logrando un

promedio semanal de 124 adultos al emplear una mezcla de extractos de cereza de café y aguardiente de Agave cocuy en una proporción de 3:1 (Cordero, 2005).

Estas trampas permiten a los caficultores obtener información sobre la cantidad de brocas presentes a lo largo del tiempo, lo que les ayuda a estar alerta ante posibles infestaciones. Además, en ciertas situaciones, el uso masivo de trampas en áreas específicas, como alrededor de las instalaciones de procesamiento de café, en lotes de café recién podados y después de la cosecha en lotes donde han caído muchos frutos, puede contribuir a reducir la población de esta plaga. (Ospina y otros, 2003)

Para atrapar insectos, las trampas se deben colgar en los árboles de café, aproximadamente a 1,50 metros del suelo, o a la altura donde se encuentren los frutos. Es necesario revisar las trampas cada semana para contar los insectos atrapados y rellenar los recipientes con agua y jabón. Los resultados deben registrarse semanalmente en formatos específicos y se deben crear gráficos para visualizar los cambios en las capturas (Fernández y Cordero, 2005).

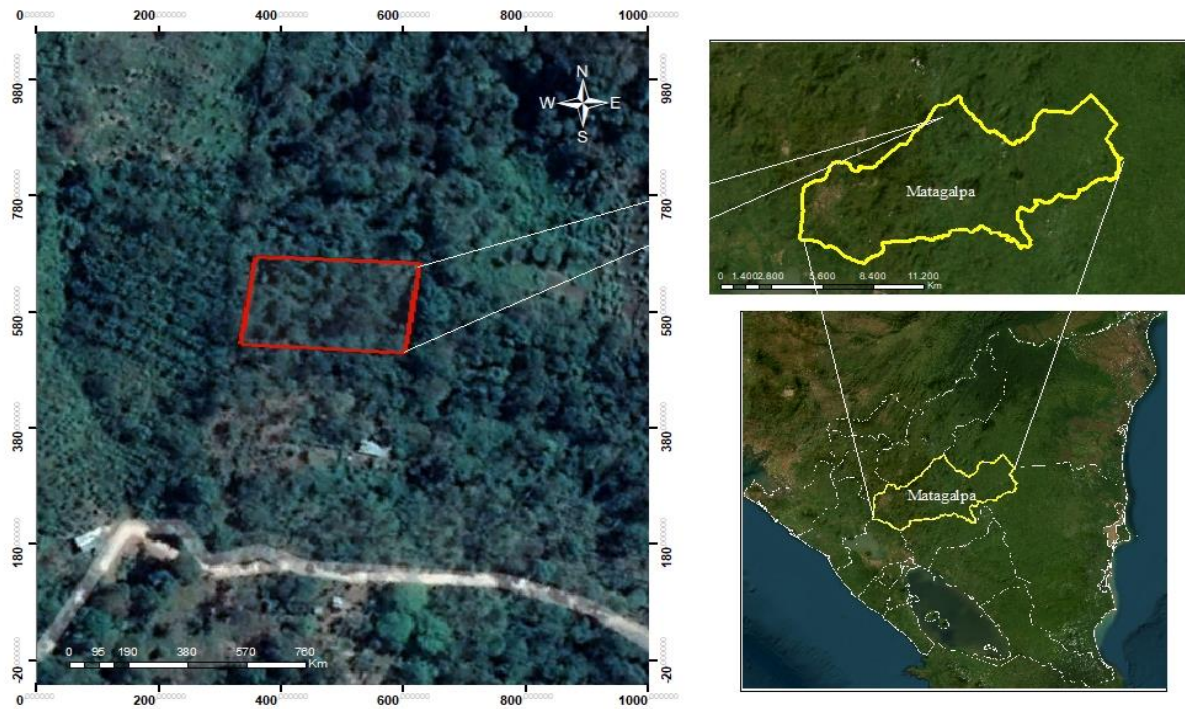
Para controlar la broca del café en Centroamérica, se sugiere colocar 20 trampas por hectárea en las áreas más afectadas. Además, es útil instalarlas cerca de las instalaciones de procesamiento de café, donde la broca tiende a escapar y regresar a los cafetales, así como en los árboles podados. En la agricultura orgánica, las trampas se consideran una herramienta esencial para el manejo de esta plaga (Ospina y otros, 2003).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

Este estudio se desarrolló en la propiedad del productor de café Lucas Arturo Cruz, situada en la comunidad El Pavón 2, dentro del municipio de El Tuma-La Dalia, en el departamento de Matagalpa. La ubicación precisa de la finca se define por las coordenadas $13^{\circ} 8'43.43''$ N y $85^{\circ}48'29.09''$ O. Sus límites son la finca La Neutral (departamento de Jinotega) al norte, el río Tuma al sur, la finca El Rosario al este y la finca Los Nogales al oeste. El experimento tuvo una duración de cuatro meses, iniciándose a mediados de julio y concluyendo a mediados de noviembre.

Mapa de Finca "La Esperanza"



Fuente: <https://gadm.org/>

Figura 2. Ubicación de la Finca La Esperanza, La Dalia, departamento de Matagalpa 2024

La zona de vida puede clasificarse como de bosques nubosos. Se considera que un 40% del terreno es plano y el 60% es accidentado. El municipio tiene un clima de bosque subtropical, semi-húmedo, corresponde al tropical semi-lluvioso, con precipitación entre los 2000 y 2500 mm. La temperatura oscila entre los 22 a 24 °C (Espinoza, 2017).

La profundidad de los suelos varía desde moderadamente profunda, poco profunda a superficial. Presentan erosión moderada a fuerte. Predominan los suelos del orden Alfisoles, con textura de franco arcillosa y arcillosa, desarrollados a partir de rocas volcánicas intermedias y básicas. En menor extensión se encuentran los suelos de los órdenes Molisoles y Vertisoles. La geología, la topografía accidentada y las prácticas inadecuadas de uso del suelo favorecen un alto riesgo de deslizamientos de tierras en periodos de precipitaciones muy elevada (Benavides y Romero, 2009).

Los granos básicos (frijol y maíz), el café, la ganadería y recientemente el cacao, son los principales motores de la economía local. La infraestructura para darle un valor agregado a los productos agrícolas es muy limitada, mientras que la cercanía con la cabecera departamental favorece al sector terciario (jornaleros, vendedores, amas de casa) que son otra fuente importante de ingresos a la zona (Castillo y Ortiz, 2008).

4.2 Diseño metodológico

El diseño es bifactorial en diseño completos al azar (DCA) de corte transversal con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental (UE), tenía un área de 40 m² (10 m largo x 4 m de ancho) conformada por 2 surcos de café para un total de 16 unidades experimentales correspondiente a los cuatro tratamientos (tres diferentes concentraciones de *B. bassiana* y un testigo absoluto). Además de dos tipos de atrayentes artesanales. Cada UE tenía un área de 40 m² (10 m largo x 4 m de ancho) conformada por dos surcos de café.

La distancia entre surcos de café fue de dos metros y de un metro entre planta. Cada surco tenía nueve plantas para un total de dieciocho plantas de café por UE de la variedad Catimore. El espacio entre cada UE fue de un metro. Cada bloque tenía un área de 160 m² (40 m² de cada UE x 4 UE) y se dejó un metro entre cada bloque. El área útil estuvo constituida por los dos surcos

con un área de 18 m² de largo. El área total del experimento fue de 640 m² (160 m² de cada bloque x 4 bloques). El número total de plantas en todo el experimento estuvo compuesto de 288 (18 plantas por UE x 16 UE). La densidad poblacional por ha fue de 3500 plantas de café.

4.3 Diseño experimental

En el área útil se tomaron cinco plantas de café de un surco y cinco del otro, para un total de 10 plantas ubicadas en el centro de los surcos seleccionados por cada UE. En estas 10 plantas se evaluó el efecto de las diferentes concentraciones de *B. bassiana* por cada bloque. Durante todo el experimento se realizaron dos evaluaciones a intervalos de cada 15 días para los tratamientos de *B. bassiana* y atrayentes artesanales .

Para los atrayentes se utilizaron las trampas que consistían en botellas plásticas de 1.5L, a las que se le hicieron dos aberturas a modo de ventana, ubicadas opuestamente una de la otra. Estas contenían un pedazo de tela sujetado de un hilo en la parte superior de la botella, en dicha tela era colocado el atrayente que la misma se encargaba de liberar. Al primer difusor se le agregaron aproximadamente cuatro ml de alcohol etílico al 95 % + cinco gramos de café inmaduros triturados y al segundo se le agregaron la misma cantidad de alcohol etílico al 95 % + cinco gramos de café molido en polvo).

En cada botella se depositaron aproximadamente 100 ml de agua, donde cayeron los adultos atraídos. El atrayente y el agua eran renovados cada 15 días. Las trampas fueron colocadas a una altura media de 1.5 metros de la planta. El contenido de las trampas (adultos de broca y agua) se depositaron en recipientes plásticos y fueron llevados a un lugar seguro donde se realizó el conteo de insectos con ayuda de una lupa de mano de 90 mm.

4.4 Manejo agronómico

En cuanto a la gestión de la sombra, se llevó a cabo la eliminación de hojas en las plantas de banano, así como en los árboles destinados a madera y energía, durante la mitad del mes de julio. Para el control de malezas, se efectuaron dos deshierbes, uno en junio y otro en septiembre para posteriormente emplear reguladores químicos de crecimiento con acción quemante, como el gramoxon. La fertilización se hizo en dos momentos: una aplicación de un fertilizante 15-15-

15 en julio y la siguiente en octubre. Este proceso se realizó de forma manual, depositando el fertilizante a una distancia de 20 centímetros de la base de cada planta, tras retirar cualquier material que pudiera impedir el contacto directo con el suelo para optimizar su absorción.

4.5 Descripción del M.A.L. para el experimento

Y_{ijk} = La k-esima observación del i-j-esimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos experimentales.

α_i = Efecto del i-esimo nivel del Factor A (*B. bassiana*), a estimar a partir de los datos del experimento.

β_j = Efecto debido al bloque j-esimo nivel del factor B (tipos de atrayentes), a estimar a partir de los datos del experimento.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre los Factores A (*B. bassiana*) y B (tipo de atrayentes), a estimar a partir de los datos del experimento.

ρ_k = Efecto del K-esimo bloque.

ε_{ijk} = Efecto aleatorio de variación.

4.6 Tratamientos evaluados

Se seleccionaron tres dosis de *B. bassiana* del laboratorio de hongos entomopatogenos de la Universidad Nacional Agraria de la cepa Bbt34. Las muestras de origen son de suelo y de adultos de *Cosmopolites sordidus* con signos de micosis en los municipios con mayor superficie de producción de banano en Nicaragua este caso Buenos Aires departamento de Rivas.

Su reproducción para este realizó a través de un sistema semi-industrial, que incluyó las etapas de obtención del cultivo puro, preparación del sustrato de arroz en erlenmeyers y bolsas de polipropileno, inoculación e incubación, secado, separación del hongo y formulación del producto final.

Cuadro 2. Tratamientos y dosis a evaluadas de *B. bassiana*.

Tratamientos	Concentración/Insecticida	Dosis gr/ litro de agua
T1	<i>B. bassiana</i> 1×10^{-12}	1.25
T2	<i>B. bassiana</i> 1×10^{-10}	1.50
T3	<i>B. bassiana</i> 1×10^{-8}	5
T4	Testigo	0

Cuadro 3. Tratamientos y dosis evaluadas de los atrayentes artesanales.

Tratamientos	Materiales	Trampas con atrayentes / ha ⁻¹
Atrayente 1	5 gramos de café molido en polvo +4 ml de alcohol etílico al 95 %	20
Atrayente 2	5 gramos de café inmaduros triturados + 4 ml de alcohol etílico al 95 %	20

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Número de frutos brocados

Para tomar la muestra de los frutos afectados por la broca, se eligieron diez plantas por cada unidad experimental (UE). Estas unidades experimentales se ubicaron al azar dentro del are del experimento. La toma de muestra consistió en inspeccionar las partes alta y baja de cada planta tomado una bandola en cada estrato. En cada una, se contó la cantidad total de frutos y la cantidad de frutos con broca y de esta forma tener información de grado de infección de la broca.

4.7.2 Brocas por atrayentes

En el mismo terreno donde se tomaron muestras de frutos con broca, se colocaron trampas con sus respectivos atrayentes de forma aleatoria. Para esto, se utilizaron trampas hechas a mano

(ECO-IAPAR) que contenían una mezcla de alcohol etílico al 95% y materiales derivados del café, específicamente granos verdes triturados y café molido.

4.8 Método de conteo de conidias

Se utilizó la cámara de conteo que consiste en una lámina de cristal poco más gruesa que un portaobjeto, la cual presenta una ranura en forma de H y contiene dos cámaras entre estas. El fondo de esta tiene un rayado neubauer y presenta 4 cuadros principales (C.P) de 1 ml por lado, cada uno de los cuales está dividido por 6. La cámara de conteo consiste en una lámina de cristal un poco más gruesa a la de un portaobjetos, la cual presenta ranura en forma de H y contiene dos cámaras entre estas. El fondo de la cámara tiene un rayado "Neubauer" y presenta 9 cuadros principales (C.P.) de 1 mm por lado, de los cuales se cuenta el contenido de 5, los 4 de las esquinas y el central (A, B, C, D y E) (Monzón , 2021).

Para propágulos pequeños como los de *B. bassiana* usamos el cuadro principal (C.P.) central, que está dividido en 25 cuadritos secundarios (C.S.) de 0.2 mm por lado, cada uno de los cuales está dividido en 16 cuadritos menores de 0.05 mm por lado. Para calcular la concentración de conidias por ml, se multiplica el número de conidias observadas, por el factor de cámara, multiplicamos luego por el factor de dilución. El factor de cámara es 10,000 para cuadrados principales y 250,000 para cuadrados secundarios (Monzón , 2021).

Se tomó un gramo de la formulación preparada, el cual se colocó en un tubo de ensayo con 9ml de agua destilada estéril, posteriormente se realizaron diluciones en serie hasta obtener la dilución 1×10^{-12} , 1×10^{-10} y 1×10^{-8} a partir de la cuales se realizó el conteo de las conidias. El conteo se realizó utilizando un microscopio de luz y una cámara Neubauer, después de realizado el montaje en la cámara se dejó reposar durante cinco minutos.

El número de conidias por ml se obtuvo multiplicando:

Total de conidias observadas $\times$ el factor de conversión de la cámara $\times$ el factor de la dilución.

En la concentración 1×10^{-12} se contabilizaron 40 conidias y en la concentración 1×10^{-10} 4 esporas.

4.9 Recolección de datos

Para la obtención de datos en el estudio de campo, se diseñó una hoja de colecta para registrar los resultados de cada tratamiento. Se efectuaron observaciones directas en diez plantas seleccionadas aleatoriamente dentro de cada unidad experimental. En cada planta, se inspeccionaron dos bandolas, lo que resultó en la evaluación de un total de 160 plantas de café y 320 bandolas en producción a lo largo del área experimental. Los muestreos se repitieron quincenalmente desde la aplicación de los tratamientos hasta que los granos alcanzaron la madurez para un total de dos muestreos.

Durante el experimento, se realizaron dos aplicaciones de *B. bassiana* en total y se les dio mantenimiento a las trampas cambiándoles el agua y sus respectivos atrayentes en dos ocasiones. La revisión de las trampas, que implicó medir contar las brocas capturadas por cada difusor utilizando una lupa de 90 mm, se llevó a cabo al mismo tiempo que la evaluación de los efectos de las aplicaciones de *B. bassiana*.

4.10 Análisis de datos

Para analizar los resultados del experimento relacionados con los frutos brocados y el número de brocas atraídas, se empleó el programa estadístico INFOSAT (versión gratuita para estudiantes del año 2020). Dado que los datos cumplieron con los criterios de normalidad, no fue necesario transformarlos y se procedió a realizar un ANDEVA con un margen de error del 5% ($p < 0.05$) se realizó una prueba de separación de medias TUKEY para identificar cuáles tratamientos eran significativamente diferentes entre sí.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Numero de frutos brocados

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados de *B. bassiana* con respecto con lo medido con las incidencias de frutos brocados. Podemos observar en la primera fecha que el tratamiento con *B. bassiana* 1×10^{-12} presentó la menor cantidad de frutos brocados con una media de 7.95, seguido por el tratamiento número dos *B. bassiana* 1×10^{-10} con 9.65, el tratamiento número tres *B. bassiana* 1×10^{-8} con 11.35 y el ultimo tratamiento que era el testigo presentó la mayor cantidad de frutos brocados con una media de 14.20, siendo significativamente diferente de todos los demás.

Por otro lado, en la segunda fecha de muestreo los resultados fueron diferentes a que existió una considerable reducción de frutos brocados mostrando al primer tratamiento con una media de 1.25, al segundo con 2.8, al tercero con 3.25 y el testigo con 4.38. Este resultado demuestra que la concentración del primer tratamiento es efectiva para reducir las poblaciones de la broca traduciéndose a un menor daño en los frutos de café.

Al comparar las dos fechas de muestreo se puede observar que el índice de frutos brocados experimentó una reducción en la segunda fecha de muestreo tomando como referencia el primer tratamiento. A medida que la concentración de *B. bassiana* disminuía los promedios de daños eran mayores sin embargo siempre demostraron un promedio menor en la segunda fecha de muestreo. Teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que esta diferencia de números de brocas por fechas sugiere que la aplicación de *B. bassiana* tuvo un efecto positivo en la reducción del daño causado por la broca en las condiciones ambientales presentes durante la realización de este estudio.

Las condiciones de mayor humedad y menor radiación solar en la segunda fecha parecen haber sido más favorables para la actividad entomopatógena del hongo, permitiendo una mayor eficacia en el manejo *H. hampei*. En contraste a la primera fecha de aplicación con su baja humedad y alta radiación solar que limitó la capacidad del hongo para infectar al insecto y favoreciendo la reproducción del insecto traduciéndose a más frutos brocados, resultando en una menor efectividad en ese momento.

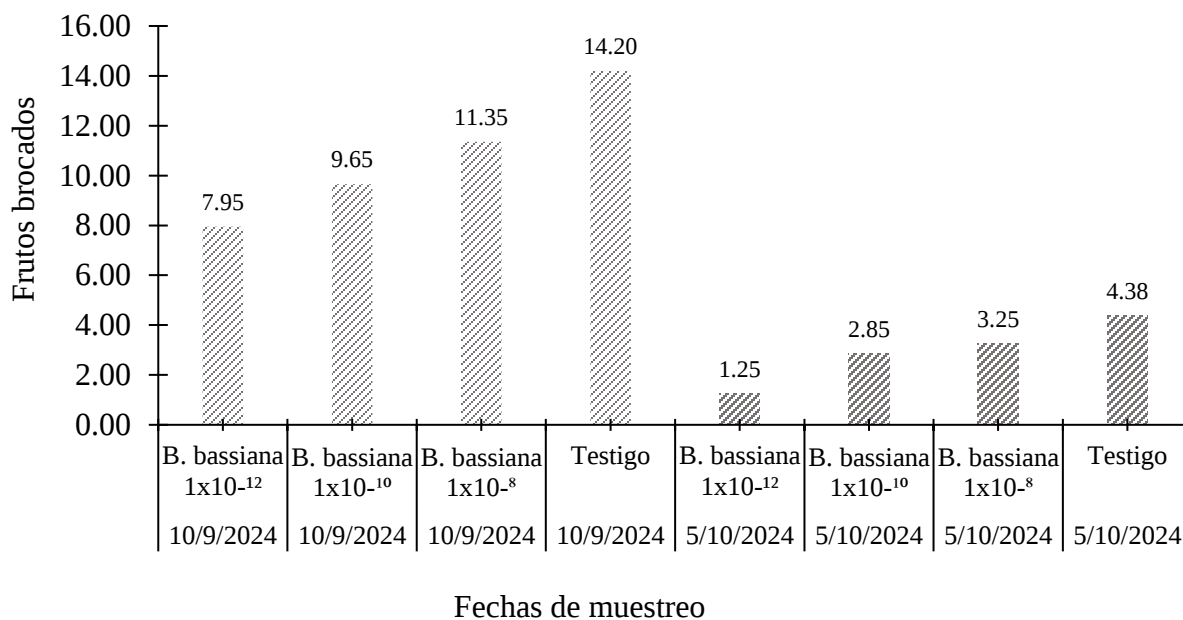


Figura 3. Comparación del número de frutos brocados bajo el efecto de *B. bassiana* entre los meses de septiembre y octubre de 2024.

Muños y otros (1986); en sus estudios indican que la broca tiene dos periodos bien diferenciados de incremento en la perforación de frutos, el primero en junio y el segundo en octubre. Esto concuerda con lo evidenciado en esta investigación en donde se muestrearon daños por broca que superaron el 3 % entre el mes de septiembre y octubre.

Por otro lado, Garcia (2020) indica que las cepas nativas de *B. bassiana*, se desempeñan mejor, cuando las humedades relativas se encuentran entre un rango de 80 % y 90 % y a temperaturas promedios de 17 °C dándose un resultado más efectivo en la segunda aplicación de esta investigación.

Siu (2018) observó que el número de frutos brocados con presencia de *B. bassiana* inicia relativamente alto y que en las siguientes fechas desciende, esto debido a que factores abióticos afectan la viabilidad y la persistencia del hongo en campo, incrementándose hasta alcanzar la

mayor incidencia en el mes de octubre, a los 183 días después de la floración principal corroborado con lo obtenido en esta investigación.

5.2 Numero de brocas capturadas

Los análisis del ANDEVA indican que se encontraron diferencias significativas debido a que la media de las brocas capturadas con el primer atrayente en la primera fecha fue de 3.63 y en la segunda fecha de muestreo 2.50, por otro lado, la media de brocas capturadas con el segundo atrayente es de 4.63 en la primera fecha y en la segunda fecha de muestreo de 3.50. Esto marca una diferencia entre los difusores utilizados, siendo el de mayor efectividad el segundo atrayente (café tostado triturado + alcohol etílico al 95 %).

Con respecto a la fluctuación poblacional parece que el hongo *B.bassiana* juega un papel muy importante en las poblaciones de *H. hampei* demostrando que si se hacen las aplicaciones correspondientes se puede lograr un manejo eficiente de este insecto. Esto se pudo evidenciar con el uso de trampas artesanales con sus respectivos atrayentes elaborados con materias primas de café.

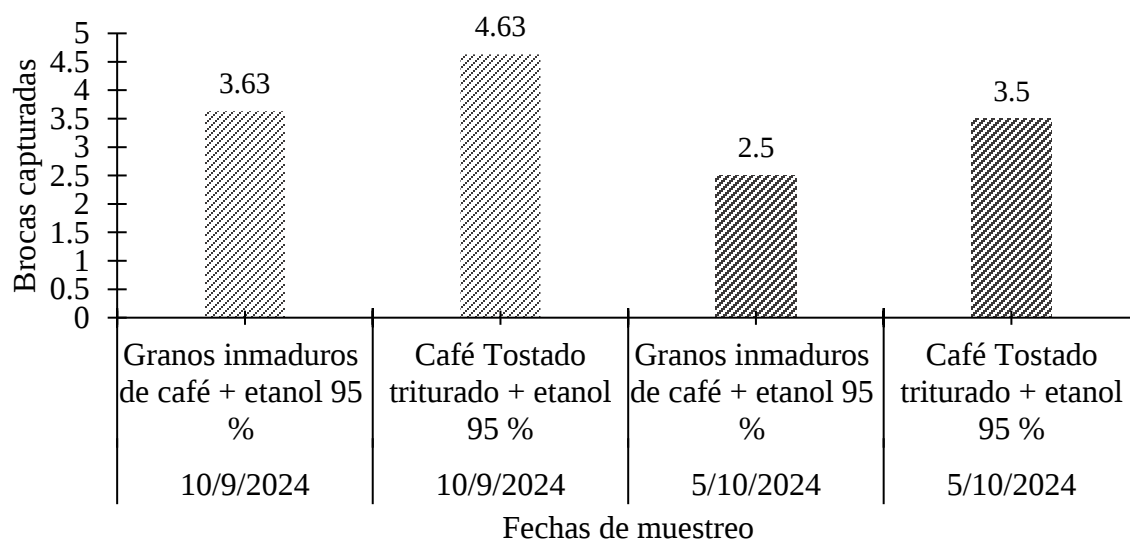


Figura 5. Numero de brocas capturadas en las dos fechas de establecimientos de trampeo con sus respectivos atrayentes artesanales.

En esta investigación se encontraron resultados similares realizados por Cordero (2005), que muestran diferencias significativas en la captura de brocas adultas especialmente con la mezcla de metílico, etílico y café molido, la cual capturó más de 5400 adultos por trampa durante 13 semanas. Se debe tener en cuenta que los periodos de investigación realizados por este autor son más prolongados a los realizados a este estudio, sin embargo, se trabajó con materiales y condiciones climáticas similares.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos se pudo cumplir con los objetivos planteados en este experimento, como resultando uno de los atrayentes artesanales utilizados tuvo mayor efectividad al momento de atraer adultos de *H. hampei*. Por otro lado, Arrieta (2004) reportó que estuvo trabajando con compuestos similares a esta investigación y durante 22 semanas de evaluación llegó a capturar 6802 adultos teniendo cierta similitud a los datos de este trabajo.

VI. CONCLUSIONES

El tratamiento con la dosis de *B. bassiana* 1×10^{-12} fue el más efectivo para reducir la cantidad de frutos brocados, superando significativamente a las otras dosis y al tratamiento testigo.

La fluctuación poblacional de la broca del café, según lo medido en la finca La Esperanza por la captura en trampas con los atrayentes artesanales, tendió a disminuir en la segunda fecha de muestreo, esto quiere decir que el hongo *B. bassiana* tuvo una influencia positiva en la reducción de frutos brocados. El atrayente compuesto por café molido en polvo + alcohol etílico al 95 % fue significativamente más efectivo para atraer a las brocas en ambas fechas de muestreo en el establecimiento.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la dosis de *B. basssina* 1×10^{-12} para un manejo efectivo de *H. hampei* a una dosis de 0.3 kg/ha^{-1} . Además, Se recomienda utilizar difusores de café molido en polvo + alcohol etílico 95 % en trampas ECO-IAPAR a una dosis de 20 trampas por ha de café.

Por otro lado, se debe considerar realizar estudios adicionales para validar estos resultados en diferentes condiciones y variedades de café.

VIII. BLIBLOGRAFIAS CITADA

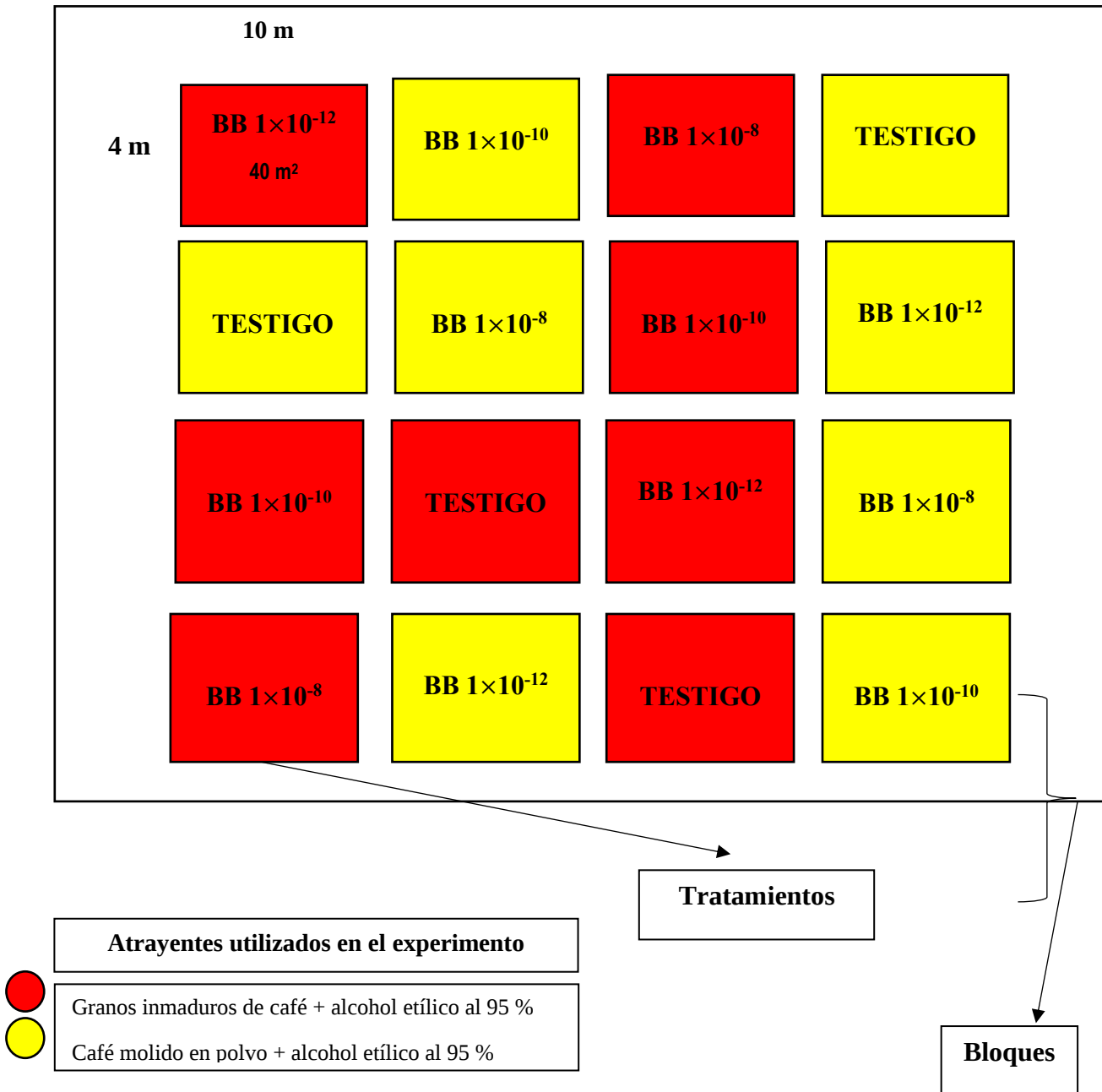
- Acosta , R. (2009). La Broca del Cafe . Costa Rica : Ministerio de Agricultura y Ganaderia .
- Barrera , J. (2010). Ficha tecnica de la broca del cafe *Hypothenemus hampei*. Mexico: SENASICA.
- Beer, J., Matoz, F., y Guharay, D. (2004). Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei*) en plantas de café a pleno sol y bajo sombra de *Eugenia jambos* y *Gliricidia septum* en San Marcos, Nicaragua. San Marcos: Agroforesteria en las américas.
- Benavides, M., y Romero, S. (2014). Efecto de diferentes niveles de insumos y tipos de sombra sobre el comportamiento de las principales plagas del cultivo de café (*Coffea arábica* L), Masatepe, Nicaragua 2003 - 2004. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Bustillo , A. (2005). El papel del control biologico en el manejo integrado de la broca del cafe *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera :Curculionidae: Scolytidae). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 55-68.
- Bustillo, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 101-116.
- Bustillo, A. (2007). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Colombia: Cenicafe.
- Campos, O. (2022). Recomendaciones para el Manejo Integrado de Broca (MIB). Guatemala: ANACAFE .
- Castillo, R., y Ortiz, P. (2014). Tipologías y manejos de fincas cafetaleras en los municipios del Tuma-La Dalia y Rancho Grande del departamento de Matagalpa, Nicaragua, 2003. Universidad Nacional Agraria. Matagalpa: Universidad Nacional Agraria.
- Colonia, L. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de café. Peru: UNALM.
- Constantino, L., Navarro, L., Berrio, A., Acevedo , F., y Pablo , B. (2011). Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Revista Colombiana de Entomología , 173-182 .
- Cordero, F. (2005). Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para el monitoreo y control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Barquisimeto, Venezuela: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Diaz, V., y Roblero, D. (2005). Épocas de aplicación del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para control de *Hypothenemus hampei* Ferr. Mexico: Universidad Autónoma de Chiapas.

- Fernández, S., y Cordero, J. (2005). Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para el monitoreo y control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Venezuela: INIA.
- Franqui, R., y Medina, S. (2003). La Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari): Biología y Aspectos Básicos de Control. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- García, W. (2020). Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* Bálamo, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- GRUN. ((s.f)). Café de Nicaragua. Managua : International coffee organization.
- Higuera, I., y Rivera, J. (2018). Problemáticas del sector cafetalero. Chiapas: CIATEJ.
- Jürgen, A., y Salazar, D. (2012). Diagnóstico, monitoreo y auditoría de las buenas prácticas agrícolas en cafetales a través del sistema de semáforo. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Lacayo, M. (2023). Cultivo de Café uno de los principales rubros exportables en la economía de Nicaragua. Managua : El 19 Digital.
- Lezaun, J. (2016). Broca del café, el enemigo principal de los cafetales. Costa Rica: Croplife.
- Machado, P., Palacio, Z., y García, C. (2013). Plagas del café: Broca, minador, cochinillas harinosas, arañita roja y monilium. Federación Nacional de cafeteros de Colombia. Colombia. Federación Nacional de cafeteros de Colombia.
- MAG. (2024). Ciclo Agrícola 2022/2023 estos son los avances de la cosecha cafetalera en Nicaragua. Managua: MAG.
- Molina, D. (2022). Revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) con énfasis en la resistencia mediante antibiosis y antixenosis. Bogotá : RCE.
- Monzón, A. (2007). Guía para el control biológico de la broca (*Hypothenemus Hampei*). Managua : Universidad Nacional Agraria.
- Matus, M., y Jiménez, E. (2020). Evaluación de plaguicidas para el manejo de plagas del café *Coffea arabica* L. en Jinotega, Nicaragua. La Calera, 20-28.
- Monzón, A. (2021). Producción y uso de hongos entomopatógenos. Managua : Universidad Nacional Agraria.
- Ospina, H., Salazar, G., y Bacca, C. (2003). Captura de adultos de broca del café en trampas con atrayentes. Colombia: Cenicafe.
- Pacheco, C., López, Á., Bayres, K., Gómez, R., y Rivas, P. (2018). Caracterización de fincas de café en la zona norte de Nicaragua. Managua : Nicafe.

- Pohlan, H., y Salazar , C. (2013). Diagnóstico, monitoreo y auditoría de las buenas prácticas agrícolas a través del sistema de semáforo en cafetales de Peru: Manual y guía para productores. LIMA: PERUCAMARAS.
- Posada, F., Bustillo, A., Antia, A., y Gonzalez, M. (2005). Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Colombia: Cenicafe.
- Quispe, R., Loza, M., Marza, F., Gutiérrez , R., y Riquelme , C. (2015). Trampas artesanales con atrayentes alcohólicos en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en la Colonia Bolinda, Caranavi. Bolivia: Universidad Pública de El Alto (UPEA).
- Ramírez , R. (2009). La broca del café en Líbano. Impacto socio productivo y cultural en los año 90. Colombia: Revista de estudios sociales.
- Roblero , D., y Diaz, V. (2005). Épocas de aplicación del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para control de *Hypothenemus hampei* Ferr. Mexico: Universidad Autónoma de Chiapa.
- Sotomayor, I., y Duicela, L. (1995). Control Integrado de las principales enfermedades foliares del cafeto en el Ecuador. Quevedo: INIAP.
- Siu , S. (2018). *Uso de Beauveria bassiana* (Bals y Vuils), equipos de aplicación y prácticas culturales para el manejo de broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari), en el cultivo del café (*coffea arabica* L.), en Jalapa, Nueva Segovia, 2016-2017. Managua : Universidad Nacional Agraria.
- Torrez, L., y Castillo, J. (2005). Evaluación de la incidencia natural de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuil sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) y *Leucoptera coffeella* (Guerin- Meneville) en el cultivo de café . Managua : Universidad Nacional Agraria.
- Uribe, C. (2025). El manejo integrado de la broca del café. Colombia: Federación nacional cafeteros de Colombia.
- Fernández, S., y Cordero, J. (2007). Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en condiciones de laboratorio. Venezuela : BioAgro.
- Matus , M., y Jiménez, E. (2020). Evaluación de plaguicidas para el manejo de plagas del café *Coffea arabica* L. en Jinotega, Nicaragua. La Calera , 20-28.
- Velásquez , R. (2019). Guía de variedades de café Guatemala . Guatemala : ANACAFE .
- Vera, L., Gil, Z., y Machado, P. (2007). Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. Colombia: Cenicafe.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Diseño de campo (distribución de los tratamientos de *B. bassiana* y de los atrayentes artesanales)



Anexo 2. Análisis de varianza de para la variable frutos brocados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Total de frutos brocados	320	0.93	0.93	16.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5526.24	4	1381.56	998.47	<0.0001
Tratamientos	806.11	3	268.70	194.19	<0.0001
Fecha	4720.13	1	4720.13	3411.28	<0.0001
Error	435.86	315	1.38		
Total	5962.10	319			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47862

Error: 1.3837 gl: 315

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
<i>B. bassiana</i> 1x10 ⁻¹²	4.95	80	0.13	A
<i>B. bassiana</i> 1x10 ⁻¹⁰	6.25	80	0.13	B
<i>B. bassiana</i> 1x10 ⁻⁸	7.30	80	0.13	C
Testigo	9.29	80	0.13	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.25808

Error: 1.3837 gl: 315

Fecha	Medias	n	E.E.	
10/9/2024	10.79	160	0.09	A
5/10/2024	3.11	160	0.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Análisis de varianza para el atrayente café tostado +alcohol al 95 %

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Café tostado +alcohol	32	0.84	0.82	14.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.25	4	12.56	35.24	<0.0001
Fecha	10.13	1	10.13	28.40	<0.0001
Tratamiento	40.13	3	13.38	37.52	<0.0001
Error	9.63	27	0.36		
Total	59.88	31			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS= 0.43313

Error: 0.3665 gl: 27

Fechas	Medias	n	E.E.	
5/10/24	3.50	16	0.15	A
10/09/24	4.63	16	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.14653

Error: 0.3665 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-12}	2.38	8	0.21	A
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-10}	3.75	8	0.21	B
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-8}	4.88	8	0.21	C
Testigo	5.25	8	0.21	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Análisis de varianza para el atrayente grano inmaduro de café + alcohol

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Granos inmaduros de café + alcohol	32	0.84	0.82	19.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.25	4	12.56	15.24	<0.0001
Fecha	10.13	1	10.13	28.40	<0.0001
Tratamiento	40.13	13.38	37.52	<0.0001	
Error	19.7527	0.36			
Total	59.8831				

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 0.43313

Error: 0.3665 gl: 27

Fechas	Medias	n	E.E.	
5/10/24	2.50	16	0.15	A
10/09/24	3.63	16	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.14653

Error: 0.7054 gl: 28

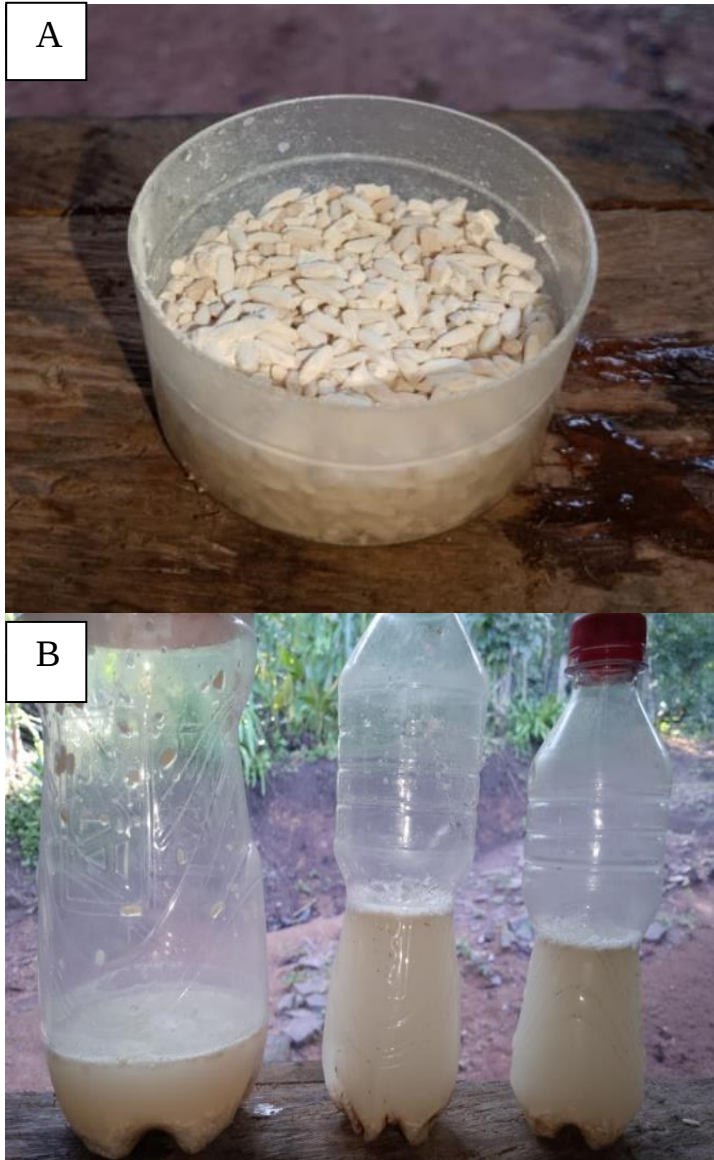
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-12}	1.38	8	0.21	A
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-10}	2.75	8	0.21	B
<i>B. bassiana</i> 1×10^{-8}	3.88	8	0.21	C
Testigo	4.25	8	0.21	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. A. Plantaciones de café de la variedad catimore en la finca La Esperanza, B.
Etiquetado de las plantas muestreadas por tratamientos de *B. bassina*



Anexo 6. A. Muestra de la cepa Bbt34, B. Concentraciones de las dosis de *B. bassiana* por tratamientos de izquierda a derecha Bb 1×10^8 Bb 1×10^{10} Bb 1×10^{12} .



Anexo 7. A cepa del hongo *B. basiana* Bbt34, B proceso de la dilución seriada para el conteo de conidias.



Anexo 8. A. conteo de conidias de *B. basiana*. B. Instrumentos y herramientas utilizadas en el conteo



Anexo 9. Preparación y aplicación del hongo *B. bassiana*



Anexo 10. Establecimiento de trampas con sus respectivos atrayentes. A granos de café inmaduros, B café molido respectivamente.



Anexo 11. A. Muestreo de los tratamientos, B. Instrumento de recolección de datos, C. Grano de café con el hongo *B. bassiana*, D. Broca parasitando grano de café, E. Muestreo en campo de frutos brocados.



