



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN

Monografía

Beauveria bassiana como alternativa para control de Broca
(*Hypothenemus hampei*) en café robusta (*Coffea canephora*), Nueva
Guinea, 2020

Para optar al título de ingeniería agroforestal

Autores:

Br: José Santos Hurtado Duarte

Br: Jairo Antonio Padilla Mendoza

Tutor: MSc. Carlos Álvarez Amador

Nueva Guinea, Marzo 2021

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE
URACCAN**

Monografía

Beauveria bassiana como alternativa para control de Broca
(*Hypothenemus hampei*) en café robusta (*Coffea canephora*), Nueva
Guinea, 2020

Para optar al título de ingeniería agroforestal

Autores:

Br: José Santos Hurtado Duarte

Br: Jairo Antonio Padilla Mendoza

Tutor: MSc. Carlos Álvarez Amador

Nueva Guinea, Marzo 2021

Dedico esta investigación a Dios por haberme dado la vida, salud y sabiduría, que hicieron que realizara un sueño que pocos podemos lograr.

A mis padres, Eugenio Hurtado Orozco y Santos Guido Duarte, que sus consejos me sirvieron de fortaleza y sus oraciones me ayudaron a ver un sueño hecho realidad. A mis hermanos Norlan Hurtado Guido, Ervin Hurtado Guido y Alexander Hurtado Guido, porque de forma indirecta tuvieron que sacrificarse, y me brindaron consejos para culminar mis estudios.

A mí esposa Dina Díaz Jarquín, que con su apoyo moral y oraciones, me impulsaron a seguir adelante cumplir esta meta. A mi hijo Jonathan José Hurtado Díaz, que desde su nacimiento fui impulsado a nunca desistir y a luchar por cumplir este objetivo.

José Santos Hurtado Duarte

Dedico mi trabajo de monografía a Dios, quien es el creador de vida por darme salud, por ser mi fortaleza y permitir con su amor que lograra culminar mis estudios.

A mis padres Teófilo Padilla González y María Villagra Mendoza por su apoyo incondicional y empeño, que me han ayudado a alcanzar las metas que me he propuesto en la vida.

A mi esposa Jessy Selena Espinoza Sánchez e hijo Haniher Steven Padilla Espinoza, que siempre me sirvieron de inspiración para seguir siempre adelante.

Jairo Antonio Padilla Mendoza

AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestro creador por sustentar nuestros pasos en nuestras vidas y permitirnos con su gracia y amor culminar con éxitos nuestros estudios.

A nuestros compañeros de clases de ingeniería agroforestal de la universidad URACCAN, ya que su respeto y cariño hacia nosotros siempre estarán presentes en nuestros corazones.

Al MSc. Carlos Álvarez Amador, tutor del presente trabajo, ya que con su apoyo y dedicación incondicional hizo posible la realización de nuestro trabajo de monografía.

A la MSc. Consuelo Lizeth Blandón Jirón asesora del presente trabajo, ya que con su apoyo incondicional hizo posible la finalización de nuestro trabajo de monografía.

A los profesores de la Universidad URACCAN, por sus conocimientos y experiencias aportadas.

Especial agradecimiento al productor Denis Delgadillo Martínez por poner a nuestra disposición su cultivo de café para la realización de la presente investigación.

A todas las personas que en un determinado momento nos apoyaron.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1 Definición de caficultura.....	5
4.2 Historia de la caficultura.....	5
4.3 La caficultura en Nicaragua	5
4.4 Aporte de la caficultura al PIB de Nicaragua	6
4.5 Variedades de café cultivadas en Nicaragua.....	6
4.6 Área de café robusta cultivada en Nicaragua	6
4.7 Descripción botánica del café robusta	7
4.8 Taxonomía del café robusta	8
4.9 Características del café robusta	9
4.10 Importancia económica del café	9
4.11 Fenología del café	10
4.12 Clima y suelo apto para el café robusta.....	11
4.13 Plagas y enfermedades más comunes y el manejo.....	12
4.14 Manejo del café robusta.....	21
4.15 Determinación de rendimiento en café en campo.....	28
4.16 La broca del café (Hypothenemus hampei)	31
4.17 Beauveria bassiana	40
V. METODOLOGÍA.....	47
5.1. Ubicación del estudio.....	47
5.2. Enfoque de la investigación	47
5.3. Tipo de investigación	47
5.4. Tipo de ensayo	47
5.5. Descripción de los tratamientos.....	48
5.6. Observaciones o réplicas.....	49

5.7. Establecimiento del diseño de campo.....	49
5.8. Manejo del ensayo.....	50
5.9. Duración del estudio	52
5.10. Variables del estudio.....	53
5.11. Procesamiento y análisis de la información	54
5.12. Materiales requeridos	54
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
6.1 Análisis estadístico exploratorio de los resultados.....	55
6.2 Incidencia y severidad de broca en el área de café en estudio antes de la implementación de las alternativas de control de broca	55
6.3 Efectividad de <i>Beauveria bassiana</i> para el control de broca por periodo de medición	56
6.4 Rendimiento de café robusta tratado con <i>Beauveria bassiana</i> , en comparación a los demás tratamientos de control de broca en estudio.....	59
6.5 Análisis de la relación beneficio-costos para las alternativas de control de broca evaluadas en el estudio	62
VII. CONCLUSIONES	65
VIII. RECOMENDACIONES.....	66
IX. REFERENCIAS	67
X. ANEXOS.....	76
Anexo 1. Prueba de normalidad de los datos a través de Kolmogorov-Smirnov durante todo el periodo de evaluación en los tres tratamientos.....	76
Anexo 2. Comportamiento de la variable granos sanos para todo el periodo de evaluación.....	76
Anexo 3. Comportamiento de la variable granos brocados para todo el periodo de evaluación.....	77
Anexo 4: Comportamiento de la variable incidencia de broca para todo el periodo de evaluación.....	78
Anexo 5. Nivel de incidencia de broca por tratamiento en todo el periodo evaluado	79
Anexo 6. Ficha: Cálculo de incidencia de broca por tratamiento	79

Anexo 7. Ficha: Cálculo de incidencia de Beauveria bassiana de forma natural	79
Anexo 8. Ficha: Cálculo de efectividad de Beauveria bassiana.....	80
Anexo 9. Ficha: Cálculo de producción por tratamiento	80
Anexo 10. Ficha: Cálculo de pérdida por incidencia de broca	80
Anexo 11. Galería de imágenes	81
Anexo 12. AVAL DEL TUTOR	82

RESUMEN

La broca de café (*Hypothenemus hampei*) representa una de las mayores amenazas en el sector de la caficultura, debido a las altas pérdidas en rendimiento por el poco peso que tiene el café cuando está afectado por broca (Castillo y Romero, 2004).

Según Comejo (2012), en caso de ataque severo, las pérdidas en la cosecha pueden alcanzar entre un 60% y un 80% de la producción.

Con el objetivo de estudiar la eficiencia de *Beauveria bassiana* como alternativa para el control de broca del café (*H. hampei*), la eficiencia de este hongo se valoró a partir de evaluaciones comparativas con un método convencional (Clorpirifos 48 SL) y un testigo que consistió en no aplicar ningún tipo de método de control, esto a través de un Diseño Completo al Azar con repeticiones. Cada tratamiento estuvo formado por seis réplicas. La presente investigación se realizó en una finca cafetalera, ubicada en comarca La Dama, colonia San Juan, Nueva Guinea, Nicaragua, durante el ciclo de producción 2020 – 2021. Los muestreos se realizaron cada 10 días. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de frutos brocados, severidad de daño de broca, efectividad de *B. bassiana* sobre broca, pérdidas de rendimiento proyectadas por incidencia de broca y análisis costo-beneficio. Al final del estudio, la infestación de broca fue mayor en el testigo, (9.31%), en el tratamiento convencional (5.03%), en el tratamiento de *B. bassiana* (5.09%). *B. bassiana* alcanzó un nivel de efectividad de 27.22% sobre la broca de café, al final del estudio. La proyección de producción por manzana fue mayor en el tratamiento químico (264.31 qq/mnz), en el tratamiento de *B. bassiana* (264.24 qq/mnz), en el testigo (259.72 qq/mnz), con respecto a la relación costo-beneficio, para el tratamiento de *B. bassiana*, por cada córdoba invertido existe una ganancia de 97 centavos, en el tratamiento químico, se obtiene una ganancia de 1.37 córdobas. Se determinó que la mejor alternativa para el control de broca (*H. hampei*), es el control

con el hongo entomopatógeno *B. bassiana*, por la calidad de la producción, y por ser un método de control amigable al ambiente.

Palabras clave: Broca, *Beauveria bassiana*, severidad de daño de broca, efectividad de *B. bassiana*, producción, frutos brocados, brocas colonizadas.

I. INTRODUCCIÓN

La caficultura es una actividad agrícola que en el municipio de Nueva Guinea ha tenido una gran influencia en los últimos años, una de las razones justificadas son las condiciones edafoclimáticas favorables para el café robusta existentes en el municipio.

La broca de café (*Hypothenemus hampei*) representa una de las mayores amenazas en el sector de la caficultura, ya que pasa casi todo su ciclo de vida en el interior del fruto, donde se alimenta y protege contra diferentes factores del medio, y se caracteriza por su sorprendente poder de adaptación y de dispersión. El ataque de broca provoca altas pérdidas en rendimiento por el poco peso que tiene el café cuando está afectado, (Castillo y Romero, 2004). Barrios (1990), considera que la broca puede provocar pérdidas importantes en los rendimientos por cosecha que van desde un 5% hasta 24%, según la infestación que se presente, en casos extremos se reportan pérdidas hasta del 50% de la cosecha.

La falta de conocimientos para el control de broca de una manera agroecológica, ha sido un problema desde hace muchos años, y la implementación de agroquímicos para el control de plagas causa mayor resistencia de las plagas y desaparición de los macro y microorganismos benéficos para la agricultura. La presente investigación se justifica en que permitirá generar una mejor opción para el control eficiente de la broca (*Hypothenemus hampei*) de café de una forma agroecológica, lo que se significa más rendimiento en la producción de café, obteniendo incrementos en los indicadores económicos, calidad de la producción y cuidado del medio ambiente,

Una de las alternativas de control más adecuado para la broca, es el uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. El hongo se desarrolla en el insecto, al cual mata en poco tiempo, se reconoce por el micelio blanco que desarrolla entre los tegumentos de su hospedero. El hongo puede atacar a la broca cuando está fuera

del fruto, o bien si no se encuentra muy profunda en el fruto, ya que de otra forma es casi invulnerable al patógeno. Si la broca se contamina con el hongo, muere después de 3 a 6 días en condiciones de humedad saturada y dura hasta 9 días si las condiciones de humedad relativa son de 70 a 80% (Ávila, 2010). Sin embargo en los meses que se desarrolló la investigación, la humedad relativa promedio fue de 70%, y la temperatura promedio fue de 24 °C (INETER, 2020).

Según El Nuevo Diario (2017) en Nicaragua se estima que existen 140,000 hectáreas, entre café robusta y café arábica. Según Karp (2010), se ha estimado que la broca causa pérdidas en el cultivo de café de aproximadamente US \$500 millones al año a nivel global. Por lo antes expuesto se realiza este estudio, en el cual se pretende evaluar el efecto de *Beauveria bassiana* como alternativa para control de Broca (*Hypothenemus hampei*) en café robusta (*Coffea canephora*), Nueva Guinea, 2020.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de *Beauveria bassiana* como alternativa para control de Broca (*Hypothenemus hampei*) en café robusta (*Coffea canephora*), Nueva Guinea, 2020.

2.2 Específicos

- Determinar la incidencia y severidad de broca en el área de café en estudio antes de la implementación de las alternativas de control de broca.
- Evaluar la efectividad de *beauveria bassiana* para el control de broca.
- Cuantificar el rendimiento de café robusta tratado con *beauveria bassiana* para el control de broca.
- Analizar la relación beneficio-costos en las dos alternativas implementadas en el control de broca en café robusta.

III. HIPÓTESIS

Ha: Beauveria bassiana aplicado en café robusta, reducirá la incidencia y severidad de la broca, superando al control convencional.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Definición de caficultura

Se le conoce como caficultura a la actividad de producción y comercialización del café (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

4.2 Historia de la caficultura

La palabra Café proviene del antiguo termino árabe qahwah, que sirve para designar todas aquellas bebidas extraídas de plantas, como el vino. En el siglo XVII, cuando el café llegó a Europa, se le llamó inicialmente “vino árabe” El árbol de café tiene su origen en Abisinia, en la actual República Democrática Federal de Etiopía, en el nororiente de África. Por su importancia comercial en el mundo sobresalen dos especies de café: la de los cafés arábigos y las de los cafés robustas. La primera especie abarca las tres cuartas partes de la producción mundial y se cultiva esencialmente en el Centro y Sur de América. Existen muchas leyendas sobre el origen del café, pero la más fuerte y aceptada sobre el origen del café es la de un pastor de Abisinia, llamado Kaldi, quien observó el extraño comportamiento de las cabras luego de que las mismas consumieran unos pequeños frutos rojos de arbustos en los montes, efecto que luego fue comprobado por él mismo al renovarse su energía después de su consumo (Mariel y Noel, 2010).

4.3 La caficultura en Nicaragua

Actualmente, el café en Nicaragua es el producto agrícola más importante con una destacada repercusión tanto social como económica. El sector da empleo a más de 332,000 personas, representando un 15% de total del mercado laboral y un 54% del empleo en el sector agrícola (FORUMCAFÉ, 2017).

Según datos del Ministerio Nicaragüense de Agricultura existen 45,519 productores de café, de los que un 97% son pequeños productores, con fincas de 1-14 hectáreas en promedio. El resto son productores medianos a grandes con fincas de 14-30 hectáreas (FORUMCAFÉ, 2017).

4.4 Aporte de la caficultura al PIB de Nicaragua

El café es uno de los principales rubros de exportación con un valor significativo ya que representa el 25% del área de cultivos dedicados a la exportación y genera un tercio del empleo rural (más de 300 000 empleos), aportando el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y el 21% del PIB agrícola (Martínez y Tinoco, 2018).

4.5 Variedades de café cultivadas en Nicaragua

Nicaragua es un país donde la caficultura es una de las actividades más importantes; hoy en día muchas familias, pequeños, medianos y grandes productores dependen de este rubro para la mejora de su economía e inclusive dando lugar también a la generación de empleos. En el país las variedades arábicas, catimores y robusta son las principales variedades explotadas debido a las condiciones climáticas que este presenta; de igual manera sufren de muchas afectaciones mediante el ataque de plagas y enfermedades debido a la poca resistencia de los genes que estas poseen (Alaniz y Ramírez, 2015).

4.6 Área de café robusta cultivada en Nicaragua

En el año 2017-2018 el área de café robusta cultivada en Nicaragua era de 2,200 hectáreas localizadas en el municipio de Nueva Guinea en su mayoría y un pequeño porcentaje en el resto de la región Atlántica del país, y la producción total fue de 45,000 quintales oro, y se tiene como proyección llegar a cultivar 7,000 hectáreas en el 2025 y producir 100,000 quintales de café oro (CISA, 2019).

4.7 Descripción botánica del café robusta

Morfología

El café robusta es una planta provista de un tallo central, el cual presenta en su extremo una parte meristemática en crecimiento permanente que da lugar a la formación de nudos y entrenudos. El porte del café, caracterizado por el dimorfismo de ejes, consiste de un eje vertical (orto trópico) del que salen ejes laterales (plagiotrópico). Las ramas laterales se alargan en forma permanente, lo que sumado al crecimiento vertical, le dan una apariencia piramidal a la planta. Las ramas primarias o bandolas son aquellas que condicionan el crecimiento lateral del café. En tanto que, las ramas orto trópicas permiten el crecimiento vertical de las plantas (Gualotuña, 2016).

Raíz

El sistema radicular del cafetal adulto está constituido por un eje frecuentemente robusto y en general corto (0,30 a 0,50 m). En tierras profundas puede alcanzar 1 m de longitud, siendo el principal elemento de fijación del arbusto, la función de las raíces axiales que nacen sobre el eje y se hunden en sentido vertical es sobre todo el de la alimentación hídrica, y, las ramificaciones laterales, numerosas que se desarrollan lateralmente con frecuencia hasta el plano horizontal y se prolongan en una red de raicillas. Estas exploran las capas superficiales del suelo, que son las ricas, en elementos minerales y su papel es especialmente el de la nutrición mineral (Reyes y Jaramillo, 1994).

Tallo

La Variedad Robusta es un cafeto que se caracteriza por ser un arbusto de varios troncos, que alcanzan una altura de 10 – 12 metros en condiciones silvestres. Los árboles de café robusta pueden ser monocaules (un solo tallo productivo) o

multicaules (varios tallos productivos). La planta de café robusta tiene un crecimiento dimórfico: los tallos principales (ejes ortotrópicos) tienen un crecimiento vertical y las ramas plagiotrópicas, crecen horizontalmente (Gualotuña, 2016).

Cada verticilo tiene desde varias decenas hasta un centenar de flores que darán glomérulos repletos de frutos, de forma ovoidea y de 8 a 16 mm de longitud (Reyes y Jaramillo, 1994).

Hoja

La hoja es un órgano fundamental en la planta porque en ella se realizan los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración. En las ramas, un par de hojas aparece cada 15 o 20 días aproximadamente. Independiente de la densidad de siembra, un cafeto de un año de edad tiene 440 hojas en promedio. A partir del segundo año de edad, la densidad de siembra, al igual que la condición de sol o sombra, influyen notablemente en la cantidad de hojas por planta. Las hojas duran en un cafetal alrededor de un año. La duración de las hojas se reduce con la sequía, con las altas temperaturas y con una mala nutrición (Donoso, 2016).

4.8 Taxonomía del café robusta

Tabla 1. *Taxonomía del café robusta*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Gentianales
Familia:	Rubiaceae
Subfamilia:	Ixoroideae
Tribu:	Coffeae
Especie:	<i>C. canephora</i>

Fuente: Comejo, 2012.

4.9 Características del café robusta

Tabla 2. *Características del café robusta*

Origen	Oeste de África (Guineanos)
Forma de propagación	Asexual (Clon)
Número de clones	9
Forma de plantación	En hilera
El vigor vegetativo	Alto
Altura media de las plantas	1.50 m
Diámetro medio de copa	1,47 m
Maduración de frutos	Uniforme
Época de maduración de frutos	(dependiendo del clon)
Resistencia a la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>)	Moderadamente resistente
La productividad media (sin riego)	70 qq. Oro / ha
Déficit hídrico	Tolerante
Adaptación	Buena
Estabilidad de producción	Alta

Fuente: Gualotuña, 2016

4.10 Importancia económica del café

El café robusta posee varias características útiles como una gran tolerancia al patógeno de la roya de la hoja, al barrenillo blanco del tallo y a la invasión de nemátodos, y tiene el potencial de dar rendimientos constantes. Por estos motivos el costo del cultivo de robusta es relativamente bajo comparado con el de la variedad arábica. Por otra parte, algunos de los atributos negativos del café robusta son la incapacidad de resistir prolongadas sequías, una recolección tardía, una estabilización tardía de los rendimientos y una calidad ligeramente inferior comparada con arábica (Centro de Comercio Internacional, 2015).

En general el cafeto de robusta es más resistente que el de arábica y crece bien a bajas alturas, en condiciones de abierta humedad, siendo el costo de producción inferior que el de la variedad arábica. En algunos países (Uganda y la India, por ejemplo) el robusta se cultiva también en alturas bastante elevadas (por encima de 1,200 m) y bajo sombreado. Estos atributos han contribuido a producir granos densos, con características de infusión mejores que las esperadas normalmente de la bebida de robusta, lo que podría ayudar a preparar cafés especiales y posiblemente cafés ejemplares (Centro de Comercio Internacional, 2015).

Según El Nuevo Diario (2018), el Centro de Trámites de las Exportaciones (CETREX) informó que entre los meses de octubre del año 2018 y mayo del año 2019 se exportaron 50,000 quintales de café robusta, y generaron un ingreso total de US\$ 4.1 millones de dólares a Nicaragua.

4.11 Fenología del café

Fase de desarrollo vegetativo del cafeto. En los cultivos anuales se considera como fase vegetativa el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración. En el caso de especies perennes y arbustivas como el cafeto, la definición de la fase vegetativa es bastante compleja, debido a que el crecimiento vegetativo, por ejemplo la formación de nudos y hojas y la generación de nuevas raíces, ocurre durante toda la vida de la planta y en la mayor parte del tiempo está intercalado con el crecimiento reproductivo. De acuerdo a la forma como se desarrolla la planta de café en Colombia, puede considerarse que el desarrollo vegetativo, es decir, la formación de raíces, ramas, nudos y hojas, comprende tres etapas: germinación a trasplante (2 meses), almácigo (5-6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses). Hasta este momento se considera una etapa netamente vegetativa y de ahí en adelante, las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta (Pulgarin, s.f.).

Fase de desarrollo reproductivo del cafeto. Comienza con la aparición de las primeras flores. El período de iniciación de esta fase puede estar influenciado por la duración del día (fotoperiodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica. Se considera como primera floración, el momento en que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido. La fase reproductiva continúa luego con el desarrollo del fruto y la maduración (Pulgarin, s.f.).

Superposición de las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo. Una vez que se ha completado el período desde la siembra hasta la primera floración, hasta este momento se considera una etapa netamente vegetativa y de ahí en adelante, las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta (Pulgarin, s.f.).

Fase de senescencia del cafeto. El cafeto es una planta perenne y se considera que alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los 6 y los 8 años de edad, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. El ritmo de envejecimiento depende de la región donde se establece el cultivo, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental, entre otros. Los órganos de la planta completan su ciclo de vida en épocas y edades diferentes, por ejemplo, la hoja tiene una duración promedio de 350 días, una rama primaria, dura varios años y una flor abierta dura tres días (Pulgarin, s.f.).

4.12 Clima y suelo apto para el café robusta

El café robusta (*Coffea canephora*), originario de regiones ecuatoriales bajas, calientes y húmedas del Congo (África), está adaptado a condiciones de temperatura más elevadas, al contrario del café arábigo (*Coffea arábica*). Existe temperaturas medias anuales de 22 a 26°C para producir satisfactoriamente; lluvias abundantes (2,000 mm/año como mínimo), distribuidas entre 9 a 10 meses en el

año, humedad atmosférica permanente, próxima a la saturación (Reyes y Jaramillo, 1994).

4.13 Plagas y enfermedades más comunes y el manejo

El cultivo del café es atacado por una gran cantidad de plagas y enfermedades, las cuales deben combatirse aplicando medidas preventivas y métodos de control oportunos y apropiados. El caficultor debe mantener una constante y cuidadosa inspección de la plantación, con el fin de detectar problemas fitosanitarios y aplicar los tratamientos químicos, biológicos y físicos y así evitar daños de importancia económica (Castillo y Romero, 2004).

Los suelos aptos para la producción de cultivo de café deben ser los profundos, de buen drenaje, estructura granular y textura franca. La profundidad del suelo se relaciona con el espesor de sus horizontes y permite establecer el potencial de fertilidad. Cuando más profunda sea la capa superficial (horizonte A), los cafetos tendrán mayor posibilidad de desarrollo de sus raíces y más capacidad de absorber los nutrientes del suelo (Acosta, 2017).

Roya del café (*Hemileia vastatrix*)

La roya del café es la enfermedad foliar más conocida del café. Sus infecciones pueden llegar a causar defoliaciones considerables culminando en algunos casos en la muerte de la planta por defoliación (Castillo y Romero, 2004).

Epidemiología; El desarrollo de la enfermedad inicia con las primeras lluvias reactivando la esporulación sobre las lesiones necrosadas o latencias. Las uredosporas son liberadas, transportadas y depositadas sobre el envés de las hojas. La germinación es dependiente de la temperatura y ocurre a temperaturas de 22 a 23°C, oscuridad y presencia de agua líquida (entre 24 y 48 horas) durante todo el proceso, hasta la penetración (formando de apresorio a temperatura entre 14 y

16°C. La germinación ocurre con mayor frecuencia de noche, aunque también podría realizarse de día en cafetales cultivados bajo sombra (Castillo y Romero, 2004).

Para el adecuado control de esta enfermedad CICAFAÉ (2011) establece las siguientes recomendaciones:

- Establecer distancias de siembra adecuadas según la variedad y región cafetalera.
- Podar las plantas agotadas o enfermas.
- Deshijar dos veces al año, dejando 2 ejes por punto de siembra.
- Hacer un control eficiente de las malezas.
- Hacer uno o dos arreglos de sombra por año, manteniendo alrededor del 40% del sombrío.
- Realizar una buena fertilización de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.
- Aplicar los fungicidas recomendados en los momentos y dosis establecidos.
- Se debe aplicar fungicidas al menos dos veces por año en los meses de mayo y setiembre, con el fin de reducir el avance de la enfermedad. En la primera aplicación (mayo) se puede utilizar fungicidas protectores como óxido o hidróxido de cobre. En la segunda aplicación es necesario el uso de fungicidas como:
 - ✓ Atemi (200-250 ml por estañón de 200L).
 - ✓ Duett (500 ml por estañón de 200L).
 - ✓ Caporal (175-200 ml por estañón de 200L).

Según CICAFAÉ (2011) el manejo de la enfermedad mediante el uso exclusivo de fungicidas protectores, requiere de una mayor frecuencia de aplicaciones. Es necesario hacer aplicaciones en los periodos de mayo-junio, agosto, setiembre-octubre. Es necesario aclarar que la utilización de fungicidas protectores no cura la enfermedad, únicamente la previene, si el porcentaje de infección de la enfermedad se incrementa hasta llegar a un nivel donde de 100 hojas, existen 15 hojas enfermas, se debe aplicar un fungicida sistémico (Atemi 200ml/estación de 200 L).

Los fungicidas protectores recomendados son:

- ✓ Óxido de cobre (0,5 kg por estañón de 200 L).
- ✓ Hidróxido de cobre (0,5 kg por estañón de 200 L). c) Oxicloruro de cobre (1 kg por estañón de 200 L).

La llaga macana (*Ceratocystis fimbriata*)

Según CICAPE (2011) es una enfermedad que está presente en todas las partes del mundo donde se cultiva café, pero se presenta con mayor frecuencia en zonas de altura y cafetales viejos. La enfermedad se ve favorecida principalmente por ambientes húmedos y lluviosos, tanto por temperaturas cálidas como frías. Los síntomas consisten en la formación de lesiones irregulares, endurecidas, de color pardo oscuro o negro, que avanzan longitudinal o transversalmente en el tallo. Su sintomatología externa, o síntomas secundarios se caracterizan por un amarillamiento, marchitez y secamiento paulatino que culmina con la muerte de la planta. Las estructuras de reproducción de este hongo sobreviven en el suelo y la materia orgánica por mucho tiempo.

CICAPE (2011) establece que en condiciones ambientales ideales (ambientes húmedos y lluviosos) y ataques severos la enfermedad puede causar pérdidas de plantas entre un 20 a 40% en un par de años, y para el adecuado control de la llaga macana, se requiere establecer un manejo integrado de la enfermedad de la siguiente manera:

- Renovar lotes muy afectados.
- Podar las plantas agotadas o enfermas, protegiendo los cortes con fungicidas como Butrol (1,5 ml por litro de agua) Carbendazim (dosis de 4 gramos por litro de agua).
- Deshijar dos veces al año, dejando 2 ejes por punto de siembra, aplicando la misma recomendación anterior de fungicidas, para proteger las heridas hechas por esta labor.

- Desinfección de las herramientas de poda con hipoclorito de sodio al 5% o formaldehído al 10%.
- Hacer un control eficiente de las malezas, procurando no hacer heridas al tronco del cafeto si se utiliza machete o moto guadaña.
- Realizar una buena fertilización de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.
- Eliminar plantas muertas o severamente afectadas con todo y raíz, esto debido a que no existe tratamiento curativo conocido. Los troncos y raíces enfermas deben sacarse del cafetal y de ser posible quemarlos. Luego de arrancar una planta, el hueco debe ser tratado con PCNB75% (40 g/m²) o Butrol 4g/L.
- Al sembrar una nueva planta se debe aplicar el fungicida biológico Trichoderma (Mycobac), en el fondo y alrededor de la planta al momento de la siembra.
- Los lotes atacados pueden ser aplicados con Trichoderma para dar un manejo preventivo a las plantas sin síntomas. Preparar 25 g en 200 L de agua y aplicar 100 ml/planta en un costado de la base del tronco, una vez al año al inicio de las lluvias.

El Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*)

Es una enfermedad que se presenta con mayor importancia en zonas altas de cultivo, se ve favorecida por condiciones de precipitaciones constantes, alta humedad y temperaturas frescas. Los síntomas consisten en manchas circulares de color café grisáceo que se desarrollan sobre las hojas, los tallos tiernos y los frutos; donde se forman las gemas (estructuras de diseminación de la enfermedad) durante la época lluviosa (CICAFÉ, 2011).

El daño principal es la caída de hojas que causa un debilitamiento en la planta y una reducción de la cosecha para el siguiente año, así como también una caída de frutos que reduce la cosecha presente en la planta. Plantaciones sin manejo de la enfermedad, pueden sufrir una defoliación del 95 % entre los meses de setiembre y octubre, así como una reducción de la cosecha de un 80% (CICAFÉ, 2011).

CICAFÉ (2011) sugiere que para reducir los riesgos de daños severos se requiere establecer un manejo integrado de la enfermedad descritos a continuación:

- Establecer densidades de siembra no mayores a 5,000 plantas por hectárea.
- Sustituir variedades muy susceptibles a la enfermedad.
- Podar las plantas agotadas o con muchas lesiones de Ojo de Gallo.
- Deshijar dos veces al año, dejando 2 ejes por punto de siembra.
- Hacer un control eficiente de malezas.
- Hacer uno o dos arreglos de sombra por año.
- Realizar una buena fertilización de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.
- Aplicar los fungicidas recomendados 3 veces al año, en los momentos y dosis establecidas.
- Realizar la primera aplicación de fungicidas, en la segunda quincena de mayo, o bien cuando inicie la formación de gemas en las lesiones viejas.
- Realizar una segunda aplicación de fungicidas en la primera mitad del mes de agosto.
- Realizar una tercera aplicación, en la segunda quincena del mes de setiembre.
- Utilizar 400 litros de agua por hectárea, o bien hacer pruebas de calibración, aplicar sobre plantas en producción e hijos de poda.
- Utilizar alguna de las siguientes 2 recomendaciones para un mejor control de la enfermedad en zonas muy favorables:
 1. Atemi (250 ml) + Cepex (1 L) por estañón de 200 L. b) Silvacur (350ml) + Cepex (1 L) por estañón de 200 L.
 2. Utilizar los siguientes fungicidas en sitios de menor influencia de Ojo de Gallo:
Orios (350 ml/200L).
Silvacur (350 ml/200L).

Antracnosis (*Collectotrichum ssp*)

Antracnosis (*Collectotrichum ssp*) es una enfermedad que se presenta tanto en zonas bajas y secas como en zonas altas, frías y con abundante precipitación, así

como también en cafetales con diferentes niveles de tecnologías. El hongo penetra en la planta a través de daños de tejidos, ocasionados por insectos o por heridas causadas por labores culturales. El hongo afecta en diferentes órganos de la planta y en cualquier etapa de desarrollo, provocando defoliación y reduciendo hasta un 70% de capacidad productiva de la planta, llegando a causar la muerte de la planta. Los cafetales con sombra mayor al 70% favorecen el desarrollo de la enfermedad al propiciar mucha humedad, y los cafetales a pleno sol sufren estrés debido a que una sequía prolongada causa un gran desequilibrio y favorecen a la enfermedad para penetrar en la planta (Gómez y Guerrero, 2007).

Para un adecuado control de la antracnosis Gómez y Guerrero (2017) hacen la siguiente recomendación:

- Incorporación de materia orgánica (compost y estiércol bovino).
- Realizar podas sanitarias y regulación de sombra.
- Realizar aplicación con productos que contengan cobre como ingrediente activo

Nemátodos

Descripción

Los nematodos son organismos pluricelulares que miden generalmente menos de 2 mm de largo. A pesar de su pequeño tamaño, su organización es bastante compleja. Poseen todos los órganos y sistemas de órganos encontrados en los animales superiores, excepto sistema circulatorio y respiratorio, los cuales no están definidos. La mayor parte de estos organismos son generalmente alargados y cilíndricos, se plantea que en el caso de las hembras adultas de algunas especies fitoparásitas, cambian su forma cilíndrica por la de saco, riñón u otras mostrando así un dimorfismo sexual entre la hembra y el macho, aunque en otros casos el macho es quien presenta diferencias menos marcadas (Gómez y Montes, 1996).

Daños que causan a la planta de café

Destruye completamente la raíz del cafeto, la planta no forma raíces nuevas, quedando las raíces gruesas, las que tienen una capacidad muy limitada para la absorción de agua y nutrientes.

Marchitez temporal a pesar de haber humedad adecuada en el suelo, debido al menor tamaño del sistema radical y a que los elementos vasculares en los nódulos se rompen y se deforman interrumpiendo mecánicamente el flujo normal de agua y nutrientes (Escobar, 2008).

Principales especies de nemátodos y métodos de control

Según CICAPE (2011) las principales especies de nemátodos son: *meloidogyne exigua* (agallas en raíces) y *pratylenchus spp* (podrición de raíces), y los métodos de control son los siguientes:

- Realizar muestreo de raíces finas de 0-20 cm de profundidad.
- Usar almácigo sano.
- Prevención a la siembra.
- Carbofuran, Terbufos, Fenamifos (5 g/planta).
- Usar sombra.
- Aportar materia orgánica.
- Poda sistemática.
- Fertilización.
- Encalado.
- El control químico en café adulto se recomienda solo en casos excepcionales.

Gallina ciega o chogote o abejones de mayo (*Phyllophaga* spp)

Descripción de la gallina ciega

Son insectos con metamorfosis completa que inician su ciclo vital con un huevo, del cual nace una pequeña larva que en tres etapas aumenta su tamaño cinco a seis veces antes de transformarse en un organismo pálido, casi inmóvil, parecido al escarabajo, al que se denomina pupa. Las larvas tienen forma de gusano blanquecino, grisáceo o amarillento, con seis patas cortas y una cabeza bien formada con mandíbulas fuertes, a la cuál popularmente se nombra “gallina ciega”, gusano blanco o nixticuil, según la región del país (Morón, et al., 2016).

Daños que causan en el cultivo de café

La Gallina Ciega puede causar mayores daños al cultivo de café en los primeros 4 meses del cultivo. Cuando las plantas son dañadas por esta plaga presentan una coloración amarillenta y un marchitamiento en las horas más soleadas. Dejan de crecer y pueden morir. En las parcelas cultivadas, el daño aparece en manchones o grupos de plantas dañadas. Pero cuando hay muchos gusanos o chicharras, toda la

plantación puede ser afectada, en ocasiones perdiéndose así todo el cultivo (Zamorano, 1996).

Control químico

CICAFE (2011) recomienda realizar aplicaciones para la prevención y control de la gallina ciega de productos químicos como:

Preventivo con terbufos o carbofuran.

10 gramos/m² en almácigo.

5 gramos/planta al trasplante. Diazinon a 0,5 L/estañón.

200 cc de mezcla/planta joven en tres inyecciones al área de raíces.

Cochinillas (*Dactylopius coccus*)

Descripción de las cochinillas

Son insectos que pertenecen al orden Hemíptera y a la familia Pseudococcidae, a la cual corresponden unas 2200 especies alrededor del mundo. Se caracterizan por presentar un marcado dimorfismo sexual los machos son diminutos (aproximadamente 1 mm), presentan antenas largas, un par de alas que les confiere alta movilidad, un corto periodo de vida, no se alimentan, su única función es fecundar a las hembras (Palma et al., 2018).

Daños que causan las cochinillas

Las cochinillas se alimentan de la savia de las plantas y provocan daños a las mismas por ser vectores de patógenos. La extracción de savia se lleva a cabo por las ninfas y hembras adultas en su proceso de alimentación. A la vez inyectan una toxina, transmiten virus o excreta ligamaza (líquido azucarado) que sirve de medio para el establecimiento de hongos sobre la superficie de los órganos atacados. Los síntomas

causados por la infestación de los diferentes órganos son los siguientes: deformaciones de las yemas terminales y axilares, secamiento y caída de flores, frutos pequeños y deformes, los cuales sufren caída por el impacto de las toxinas inyectadas; por último, el hospedero severamente infectado puede morir (Palma et al., 2018).

Según CICAPE (2011) los géneros más comunes son:

Geococcus, Rhizoecus (piojillo blanco de la raíz), Dysmicoccus, Pseudococcus, Planococcus (cochinilla del tallo en plantas jóvenes) relacionadas con hormigas (Pheidole, Solenopsis y Acropyga), chupan savia de raíces y debilitan la planta, y los métodos de control son los siguientes:

Uso de almácigo sano

Buena fertilización

Diazinon, 1 L/estación (100 cc de mezcla/planta).

Nota: La broca de café es una de las principales plagas del café, pero se abordará en un capítulo aparte, por ser la plaga de estudio en esta investigación.

4.14 Manejo del café robusta

Obtención de plántulas

Existen dos formas de obtener plántulas que aseguren una plantación altamente productiva (Reyes y Jaramillo, 1994).

Plántulas por semillas

Se deben seleccionar las plantas más vigorosas, productivas y con frutos sanos de tamaño entre medio y grande (Reyes y Jaramillo, 1994).

Se debe evitar la selección de plantas atacadas por *Cercospora* y *Colletotrichum* agentes causales de la “mancha de hierro” y de la “verruca” o “viruela” respectivamente (Reyes y Jaramillo, 1994).

Una vez cosechada la semilla, se procede a despulpar, fermentar y luego lavar y secar bajo sombra, hasta que tenga 15% de humedad. Inmediatamente se construye el semillero y se siembra sobre un sustrato de arena de río. Es necesario indicar que el poder germinativo de la semilla se pierde considerablemente después de los 4 meses de la cosecha, por lo tanto, si no se siembra en este lapso, hay que recolectar nueva semilla, o disponer el doble de la cantidad requerida (Reyes y Jaramillo, 1994).

Las dimensiones de los semilleros o germinadores son de 1 m de ancho por el largo que sea necesario, estimándose que en 1 m² entran 100 semillas, sembradas en hileras a 8 cm. Una vez realizada la siembra el semillero debe estar cubierto por hojas de palma, con un 90% de sombreamiento. A los 60 días, las plantas están en estado de “soldadito” o “fosforito” listas para ser trasplantadas al vivero en fundas de 7 x 12 pulgadas, debiendo estar perforadas, llenas de tierra de montaña, previamente cernida y bien húmeda (Reyes y Jaramillo, 1994).

Formación de plántulas clonales

Las condiciones de selección de las plantas matrices, son iguales a las mencionadas para la obtención de la semilla (Reyes y Jaramillo, 1994).

Una vez seleccionada la planta, se corta a una altura de 1 m, para estimar la emisión abundante de hijuelos, transcurrido 3-4 meses, se procede a seleccionar los brotes más vigorosos y sanos, que tengan por encima de 3 pares de ramas (Reyes y Jaramillo, 1994).

Los brotes se los separan del tocón y se traslada al vivero para evitar la deshidratación y marchitez por efecto de los rayos solares. Cada par de ramas debe de tener dos pares de hojas en la parte inferior (Reyes y Jaramillo, 1994).

Se corta el brote en cada par de ramas. El corte debe ser en bisel teniendo en la parte inferior 5 cm y por la parte superior 2 cm. Las dos hojas inferiores se cortan en sus dos terceras partes y a las ramitas se las corta dejando 2 cm desde su inserción (Reyes y Jaramillo, 1994).

Esta fracción vegetal o estaquita, inmediatamente después del corte se coloca sobre una funda llena de tierra húmeda, en el vivero, para evitar que se muera por oxidación. Se puede colocar también sobre un recipiente con agua, hasta obtener unas 50 estaquitas y luego sembrarlas en fundas (Reyes y Jaramillo, 1994).

De cada planta madre se pueden obtener aproximadamente 70 estaquitas de óptimas condiciones de las cuales logran enraizar el 70%.por lo tanto, para obtener plántulas para establecer una hectárea de café con densidad de 1250 plantas /ha, se necesitan de 25 plantas madres (Reyes y Jaramillo, 1994).

Mediante este sistema de obtención de plántulas, se logrera una plantación más productiva, debido a que las características de las nuevas plantas serán idénticas las plantas madres (Reyes y Jaramillo, 1994).

Trasplante definitivo

Tanto las plantas obtenidas por semillas como clonalmente, deben permanecer en viviros entre 5 y 6 meses para luego ser trasplantadas al sitio definitivo (Reyes y Jaramillo, 1994).

El hoyo donde va a ser colocada la plántula debe ser de mayor tamaño que la funda, al interior del hoyo, se colocan 50 g de fertilizante completo 10-30-10, se cubre una

pequeña capa de tierra para luego colocar la planta de café y cubrir el resto del hoyo con la tierra que había sido extraído. se agrega a esta 50 g de 10-30-10 y se compacta bien al suelo, para así asegurar el prendimiento de la planta (Reyes y Jaramillo, 1994).

Sombreamiento

Es conveniente cuando se va a establecer una nueva plantación que al momento de trasplante existan en el campo sombras establecidas la misma que puede ser a base de plátanos sembrados a 5x5 m, o cuando se va a realizar una renovación, la sombra puede ser proporcionada por el cafetal viejo, como también mediante la sombra del maíz, los cultivos anuales sirven como sombra temporal hasta por 1 año y medio, después es necesario establecer sombra permanente (Reyes y Jaramillo, 1994).

La distancia de siembra de estos árboles debe ser de 15 x15 m. entrando 44 árboles/ha. Estos materiales le ofrecen al café sombra bien regulada, ya que presentan una copa no muy desarrollada, lo que permite el ingreso de la luz elementos necesarios para la maduración del grano, sin hacer mayor competencia al cultivo; además sus hojas son caducas proporcionando materia orgánica al suelo (Reyes y Jaramillo, 1994).

Distanciamiento de siembra

Según Duicela y Corral (2004), expresan que la densidad poblacional se refiere al número de plantas por hectárea y está en función de la fertilidad y profundidad del terreno, de las características agronómicas de los clones a cultivar y del nivel tecnológico a emplearse. Existen estudios que han demostrado cómo, hasta cierto límite, la productividad del café se incrementa significativamente en función del incremento de la densidad poblacional, la cual debe oscilar entre 1,333 plantas/ha (3 m x 2.5 m) a 2,500 plantas/ha (2 x 2 m) de acuerdo a la región y topografía del lugar.

Tabla 3. *Distancia y densidades por hectárea más utilizadas en café robusta*

Distancia (metros)	Cuadrado, rectángulo (plantas/ha)	Tresbolillo, triángulo (plantas/ha)
2.50 x 2.50	1,600	1,848
3.00 x 3.00	1,111	1,283
3.50 x 3.50	816	943

Fuente: Abrego, 2012.

Fertilización del cultivo de café

Los elementos que más necesita el cultivo de café son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los frutos son responsables del consumo de grandes cantidades de nutrientes, principalmente N y K (Reyes y Jaramillo, 1994).

Por lo tanto, para compensar la pérdida de nutrientes extraídos en cada cosecha es necesario realizar las siguientes prácticas: siembra de árboles de sombra, de preferencia leguminosas por el aporte que brindan sus hojas al caer al suelo, uso de cobertura de vegetal viva para su oportuna incorporación a través de los cortes de material verde y complementario a estas la fertilización química, la misma que debe estar condicionada al suelo a un análisis químico del suelo o foliar, para determinar las necesidades nutricionales del cultivo y poder proporcionar los que realmente necesita la planta, ya que la demanda de fertilización será diferente de acuerdo a la diversidad de suelo (Reyes y Jaramillo, 1994).

Indispensable es conocer que los cafetales establecidos a plena exposición solar tienen una demanda nutritiva mucho mayor que cuando crecen bajo sombra temporal o permanente. Por tal razón son también más dependientes de una fertilización intensiva que normalmente representa el doble y a veces el triple de la dosis requerida bajo condiciones de sombra. De allí que, es muy importante mejorar el cultivo del café bajo un sistema agroforestal de producción (Reyes y Jaramillo, 1994).

Podas

La poda es una práctica cultural que consiste en eliminar de la planta, todas aquellas partes que contribuyen a la deformación de la misma, al crecimiento excesivo y al incremento de plagas (Reyes y Jaramillo, 1994).

Deshija o deschuponamiento

Consisten en eliminar los brotes (ejes orto trópicos) que crecen a lo largo del tallo principal ya que se constituyen en ejes o ramas. Esta poda se le debe realizar con una frecuencia trimestral o cuando menos semanal (Reyes y Jaramillo, 1994).

Selección de ejes

En razón de que el café robusto es multicaule, es necesario eliminar algunos ejes que se forman desde el cuello de la raíz. Se recomienda dejar de 4 a 5 ejes principales, ya que si no se hace esta poda los ejes crecen muy rápidamente por efecto de competencia y las primeras ramas no fructifican y mueren precozmente, tornándose la planta en forma de un paraguas (Reyes y Jaramillo, 1994).

Descope

Esta práctica consiste en eliminar la parte terminal de cada eje, cuando la planta haya superado los 2 m de altura. Esto permite prolongar la vida de las primeras ramas, y disminuir el criadero de broca, debido a que no se dejan madurar los granos en la planta, por la facilidad que brinda su baja altura para realizar una buena cosecha (Reyes y Jaramillo, 1994).

Poda sanitaria

Es una práctica que consiste en extraer todo los órganos enfermos o muertos de una planta, ya sea por ataque de una enfermedad o plaga. Una vez recolectados estos órganos (hojas y ramas), se les lleva fuera de la plantación y se les quema, destruyendo de esta forma los focos de infección o infestación (Reyes y Jaramillo, 1994).

Agobio

El agobio es otra práctica cultural que se le puede realizar en un cafetal, evitando de esta forma la poda de descope, esta labor se le puede hacer al primer año de establecido el cultivo. En este estado su eje es flexible, permitiendo el agobio con la facilidad y sin riesgo de que se rompan. Los ejes deben ser inclinados en forma cruzada, para evitar que cuando entre en producción, se desprendan por efecto de la carga (Reyes y Jaramillo, 1994).

Es necesario eliminar constantemente los chupones que crecen a lo largo de los ejes principales. Después de 4 a 5 años de producción hay que reemplazar estos ejes, por otro que salgan de la base de la planta, e igualmente se los agobia en el momento oportuno. Esta labor también facilita la cosecha, el agobio es recomendado para plantaciones con mayor distanciamiento, así 3 x 4 m o 4 x 4 m (Reyes y Jaramillo, 1994).

Uso de cobertura vegetal en el suelo

Uno de los mayores problemas fitosanitario en el cultivo de café en las regiones que el clima es trópico húmedo, es la presencia de maleza durante todo el año, debido a la alta precipitación, una de las formas de controlar las malezas y evitar su efecto de competencia es mediante el uso de cobertura vegetal a base de *Desmodium ovalifolium*, (trébol tropical). Esta leguminosa ayuda a controlar las gramíneas

principalmente, disminuyendo de esta forma el costo de mano de obra por control de maleza hasta un 45%, ya que el uso de herbicidas se encuentra restringido casi totalmente (Reyes y Jaramillo, 1994).

Otra ventaja muy grande de la cobertura, es que forma un colchón vegetal en el suelo evitando la erosión por lixiviación debido a las continuas lluvias. Además la cantidad de biomasa (hojas, tallo, ramas, etc.) adicionada al suelo es de 2 t/ha de materia seca, por cortes, la misma que a medida que seba descomponiendo, mejora la estructura del suelo y aporta de 180 a 200 kg de nitrógeno/ha (Reyes y Jaramillo, 1994).

El *desmodium ovalifolium* se le puede sembrar por semilla en pequeños surcos cada 4 m y a chorro continuo; o, también vegetativamente, enterrando pedazos de tallo (25 cm) a cada metro de distancia. Una vez establecida la cobertura en el área (un año después), es indispensable hacer dos cortes al año, a 20 cm de altura, con la finalidad de adicionar materia orgánica al suelo y promover el aporte de nutrientes para la planta, ya que otra manera competiría con el cultivo, obteniendo rendimientos más bajos que sin el suelo de cobertura (Reyes y Jaramillo, 1994).

4.15 Determinación de rendimiento en café en campo

Meneses (2018) manifiesta que el principal objetivo de estimar de antemano cual será la producción por lote y por ende de la finca, es para tomar decisiones importantes como:

- Solicitar financiamiento
- Realizar ventas de futuro con un porcentaje de la cosecha
- Preparar la logística de la cosecha (sacos, transporte, cortadores)
- Preparar las plantaciones para la cosecha.

Métodos para determinar rendimiento de producción

El método más acertado es hacerlo directamente en campo, tomando en cuenta el número de frutos por bandola o palmilla y el total de bandolas productivas de los diferentes estratos de la planta (alto, medio y bajo). El estimado varía de plantío a plantío y de ciclo a ciclo, depende mucho del manejo que damos a la plantación, de la variedad y de las plantas que mueren año con año. Es de mucha importancia tener un inventario del total de plantas productivas que tenemos ya que nos ayudará a disminuir el margen de error en cada ejercicio (Meneses, 2018).

Es recomendable realizar un pre-estimado en los meses de abril o mayo de cada año para ir monitoreando el desarrollo de la cosecha. El estimado final se realiza en el mes de julio, una vez que tenemos el 100% de las floraciones y los frutos inician el proceso de llenado y engorde (Meneses, 2018).

Principales datos de campo para realizar un estimado acertado

Meneses (2018) señala que estando en campo es necesario conocer:

- Donde levantar la muestra: se levantarán cinco muestras por manzana, dos en la parte baja, dos en la parte alta y una muestra en el centro.

- Cuantas estaciones realizar.

Se realizarán cinco estaciones en total por manzana.

- Cuantas plantas por estación.

Se tomarán cinco plantas por cada estación, para un total de 25 plantas por manzana.

- Número promedio de frutos por bandolas.

Se contarán los ejes por planta, número de frutas por bandola de cada bandola seleccionada por cada estrato, alto, medio y bajo, se multiplicarán los datos de bandolas por número de granos de la bandola seleccionada y se sumarán para saber cuántos frutos por planta.

- Se contarán todas las bandolas productivas de la planta teniendo como parámetro bandolas de cinco nudos productivos como mínimo.

Frutos por eje= número de bandolas productivas x el número de frutos por bandola muestreada.

Frutos por planta= Se suman los frutos de cada eje.

- Número de frutos por manzana.

Se multiplicará el número promedio de frutos por planta por el número total de plantas productivas por manzana.

- Número de libras oro/uva por manzana.

Para calcular el número de libras uva por manzana se divide el número de frutos por manzana entre 500 (número de frutos para 1 Lb Uva) y nos dará como resultado el número de libras uva madura por manzana.

$$\text{Libras uva por manzana} = \frac{\text{número de frutos por planta}}{500}$$

Para calcular el número de libras oro por manzana se divide el número de frutos por manzana entre 2500 (número de frutos para 1 Lb oro) y nos dará como resultado el número de libras oro por manzana.

$$\text{Libra oro por planta} = \frac{\text{número de frutos por planta}}{2,500}$$

4.16 La broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Descripción

La broca del café se caracteriza por su sorprendente poder de adaptación y de dispersión. Pasa casi todo su ciclo de vida en el interior de una fruta donde se alimenta y protege contra diferentes factores del medio. Su dispersión, a largas distancias, está organizada por el mismo insecto, gracias al vuelo y por acción directa del hombre, al momento del transporte del café en cereza infestado. Bajo este modo de vida, la broca del café tiene su supervivencia garantizada, sobre todo en aquellas regiones donde el café es un monocultivo (Castillo y Romero, 2004).

Taxonomía de la broca

Tabla 4. *Taxonomía de la broca*

Orden	Coleóptera
Familia	Scolytidae
Subfamilia	Ipinae
Genero	Hypothenemus
Especie	Hypothenemus hampei

Fuente: Koch, 2006.

Formas de reproducción de la broca

Proporción de sexos

La relación es de aproximadamente 1 macho por 10 hembras. Pese a esta proporción aparentemente baja, todas las hembras que se encuentran en condiciones de campo

o se crían en laboratorio están fecundadas. No se ha observado reproducción partenogenética (Koch, 2006).

Apareamiento

Los primeros individuos que nacen dentro de los frutos por lo general son machos, estos completan su desarrollo antes que las hembras, las que son fecundadas 3 o 4 días después de haber logrado el estado adulto. Se ha verificado que un 100% de las hembras que abandonan naturalmente los granos infestados están fecundadas. Esto indica que la cópula se realiza en el interior de los frutos donde se han criado (Koch, 2006).

Periodo de preoviposición

Una vez realizada la cópula la hembra inicia la postura apenas termina de preparar la cámara de cría (galería) correspondiente. Esta labor se realiza en 2 o 3 días. Tomando en cuenta el período de prefecundación ya descrito, puede estimarse que el período de preoviposición es de 5 a 10 días (Koch, 2006).

Oviposición o difusión de los huevos

La postura se realiza totalmente en el interior del grano de café o eventualmente en otros huéspedes. Para ello, la hembra abre un orificio por la corona del fruto hasta alcanzar uno de los dos granos. Perforada la semilla, construye una galería que, ampliada en forma de cámara, es utilizada para la oviposición. Ocasionalmente se observan dos o más huecos. La postura ocurre cuando la broca encuentra frutos adecuados en cuanto al estado de maduración. En ambientes favorables de producción continua de café (ej. variedades de “robusta”) no hay interrupción de la reproducción (Koch, 2006).

Relación de broca con la altitud y floración del café

Tabla 5. *Relación entre la altitud y la floración del cafeto*

Altura de cafetal en m.s.n.m.	Días después de la floración (granos aptos para ser infestado por la broca). Probable inicio del tránsito
1646	157
1341	144
1036	134
731	129
427	125

Fuente: Koch, 2006.

La intensidad de la postura es bastante regular durante los primeros 15 a 20 días, disminuyendo posteriormente. En condiciones favorables de temperatura y humedad, una broca es capaz de poner 2 a 3 huevos diariamente. A la tercera semana decrece su actividad. Por degeneración de los músculos que posibilitan el vuelo se ha demostrado que la “hembra-fundatrix” permanece en el interior del fruto original infestado. En frutos verdes, aún en estado lechoso, no se observan posturas, pese a encontrarse perforados por la broca. El período activo de oviposición es muy variable. Este termina pocos días antes de la muerte el insecto. La vida media observada de una hembra es de 156 días, pudiéndose estimar en 130 días el período activo promedio (Koch, 2006).

Duración de los estados de desarrollo de la broca

Estadios larvarios

Los diferentes estadios larvarios demoran aproximadamente 14 días en llegar al estado de pupa a 250 °C. A temperaturas inferiores, el estado larvario tiene una duración mayor. Las larvas que darán origen a un macho presentan solamente un instar, a diferencia de

las hembras que tienen dos instares. Las larvas que darán origen a ejemplares hembras se conservan en este estado algunos días más que las larvas-machos (Koch, 2006).

Prepupa

Habiendo alcanzado su desarrollo completo la larva prepara una “cámara pupal”, aislada del resto de la galería donde vivió, para pasar al estado de prepupa. Este periodo varía de 2 días (con temperaturas de 22° a 27°C) hasta 3 - 6 días con temperaturas de 18° a 21°C (Koch, 2006).

Pupa

De acuerdo con la temperatura, el estado de pupa tarda de 4 a 10 días (a 28,7 y 22,8°C respectivamente). A una temperatura media de 26°C el periodo de pupa termina en poco más de 6 días. Casi al término del estado de pupa se produce un progresivo de cambio en la coloración, tornándose de un color amarillento y después castaño claro. Tomando en cuenta la evolución media de los estados, el desarrollo completo de la broca es de aprox. 28 días a una temperatura cercana de los 25°C (Koch, 2006).

Longevidad de los machos

La única función de los machos es fecundar a las hembras apenas éstas alcanzan - dentro del fruto la madurez sexual. Como no necesitan ausentarse del fruto donde nacieron, los machos carecen de alas membranosas. El macho vive menos que la hembra y las galerías que practica son de menor tamaño. Normalmente vive en promedio no más de 40 días, aun cuando se han observado ejemplares que sobrevivieron más de 100 días (Koch, 2006).

Postura total y longevidad de las hembras de broca del café

Tabla 6. *Postura total y longevidad de las hembras de broca del café*

Postura y longevidad	Promedio	Mínimo	Máximo
Postura total (de huevos)	74	31	119
Longevidad (días)	156	81	282

Fuente: Koch, 2006.

Es necesario destacar que, con un promedio de vida de alrededor de 5 meses, siempre existirán ejemplares que vuelvan a infestar los granos de café en las zonas de producción estacional (sobrevivencia de una cosecha a otra) de café (Koch, 2006).

Generaciones anuales

Habiendo condiciones favorables durante el año, es decir, producción continúa de café, habrá una reproducción permanente de la plaga. Se puede estimar que, de acuerdo a las condiciones prevalecientes, pueden sucederse y traslaparse de 4 a 13 generaciones anuales. El número de generaciones anuales y por lo tanto, la gravedad de los ataques dependerá fundamentalmente de las temperaturas promedio y extremas que ocurran en las diferentes zonas cafetaleras del país, de la cantidad y distribución de las lluvias y de la oferta de frutos de café aptos para ser infestados (Koch, 2006).

Desarrollo de un ciclo promedio de la broca en función de la temperatura

Tabla 7. Desarrollo de un ciclo promedio de la broca en función de la temperatura

Estados de temperatura	19,0 °C	22,0 °C	27,0 °C
Incubación	13,5	6	4
Larva	29,5	14	11
Prepupa	6	4	2
Pupa	14	8	4
Evolución Total	63	32	21

Fuente: Koch, 2006.

Ciclo de vida de la broca en el café

Figura 1. Ciclo de vida de la broca (*Hypothenemus hampei*)



Fuente: Lizardo, 2016.

Etapas que afecta la broca al cultivo de café

La broca destruye tanto los frutos tiernos como los granos maduros o cerezas. En los frutos jóvenes el insecto perfora los granos que aún se encuentran en estado blando-lechoso, produciendo la caída de éstos al suelo o la pudrición de los mismos. Al

parecer, no se produce caída de frutos cuando el proceso de maduración está más avanzado. El daño principal ocurre desde el momento en que el endosperma empieza a tomar mayor consistencia hasta que la cereza está madura. En este estado, la broca es capaz de reproducirse en el interior de las semillas, causando su destrucción parcial o total (Koch, 2006).

Se ha estimado que la broca causa pérdidas en el cultivo de café de aproximadamente US \$500 millones al año a nivel global (Karp, 2010).

Según Acosta (2017), la broca provoca la caída de frutos verdes y maduros, en casos fuertes de ataque se puede destruir entre un 30% y 80% de la cosecha debido a la baja en la calidad física del grano y el peso el grano.

Metodología para determinar incidencia de broca en el cultivo de café

La broca de café (*Hypothenemus hampei*) se ha convertido en la principal plaga de café en Centroamérica y en todas partes del mundo donde hay plantaciones de café, y se debe determinar la incidencia para determinar el método más adecuado para controlar la broca (Úbeda et al., 2014). Para la determinación de incidencia de broca se puede utilizar la siguiente metodología:

- En una plantación de menor a 3 hectáreas se seleccionan cinco puntos bien distribuidos en todo el plantío.
- En cada punto se seleccionan 6 planta. En cada planta, se revisa una bandola entera de la parte alta, de la siguiente planta se revisa la bandola de la parte media, y de la siguiente planta se evalúa la bandola de la parte baja, y se repite el proceso en las siguientes plantas del punto elegido. En cada bandola se cuentan los frutos totales y los frutos perforados por broca (Chaput, 2000). Se calcula con la siguiente formula:

% de incidencia de broca= $\frac{\text{Total de frutos brocados por bandola}}{\text{Total de frutos por bandola}} \times 100$ (Castillo y Romero, 2004).

Severidad de daño de broca

Es una forma de mantener el daño en el cultivo bajo el nivel económicamente aceptable, determinar la severidad también reduce el riesgo de la salud humana, y el medio ambiente, y también el costo de producción (Kimura, 2007).

Rangos de severidad de daño de broca

Trujillo et al., (2006) señala los siguientes niveles de severidad de daño de broca:

- Bajos (menores a 2,5%).
- Medios (entre 2,5 y 5%).
- Altos (mayores a 5%).

Evaluación de pérdida de producción de café por severidad de daño de broca

Por cada 1% de severidad de daño de broca se pierde 0.3975 libra por cada quintal que se tiene proyectado obtener de acuerdo al muestreo de producción realizado en campo (OIRSA, 1981).

Métodos agroecológicos para el control de la broca del café

Comejo, (2012) hace las siguientes recomendaciones para un control agroecológico de la broca de café:

- Es recomendable realizar podas de los cafetos, en la época seca de cada año, porque los cafetales muy sombreados favorecen la proliferación de broca.

- Recoger los residuos de los frutos de la cosecha, tanto de la planta como del suelo, para crear condiciones adversas para la supervivencia de la plaga.
- Establecer cafetales con distancias de siembra razonables entre cafeto y cafeto que eviten que las ramas se entretejan, permitan una buena ventilación del cafetal.
- Destruir los cafetales abandonados por que son focos continuos de infestación.
- Para combatir esta plaga se recomienda la acción de los enemigos naturales o parasitoides de esta plaga, entre ellos tenemos por ejemplo las avispas de Uganda (*Prorops nasuta*) y la de Togo (*Cephalonomias tephanoderis*), la nueva avispa de Togo (*Phymastichus coffea*); así como la del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que de manera natural reducen las poblaciones de la Broca del fruto del café.

Daños que causa la broca del café

Según Comejo (2012) los daños que causa la broca de café son los siguientes:

- Las cerezas se caen o se pudren cuando son perforadas en edad muy tierna (lechosa o acuosa).
- Los frutos perforados por la broca pueden ser atacados más fácilmente por enfermedades.
- Cuando la broca ataca frutos maduros y pintones se produce café de poco peso o café vano.
- En caso de ataque severo, las pérdidas en la cosecha pueden alcanzar entre un 60% y un 80% de la producción.
- Los frutos atacados por la broca son de mala calidad y bajo peso.

Ventajas del control de broca de forma agroecológica

Montaño (2012) declara que las ventajas del control de broca agroecológicamente son las siguientes:

- Bajo costo: Se caracteriza por tener un menor costo lo que requiere es disciplina para la aplicación.

- Menor incidencia de broca: Al realizar un control agroecológico de plagas en los cafetales la incidencia de broca disminuirá.
- Producto de mejor calidad: Los frutos atacados por broca son de menor calidad.
- Mayores ganancias.

Desventajas del control de broca de forma agroecológica

Las desventajas del control de la broca de forma agroecológica según Montaña (2012) son las siguientes:

- Requiere habilidad: El agricultor necesita tener una estrecha vigilancia sobre sus cultivos.
- No se permiten atrasos: El agricultor no se tiene que atrasar para realizar las labores requeridas.

4.17 Beauveria bassiana

Descripción

Beauveria bassiana es un hongo imperfecto de la clase Deuteromycetes, capaz de infectar a más de 200 especies de insectos. Es de apariencia polvosa, de color blanco algodonoso o amarillento cremoso. El ciclo de vida de este hongo consta de dos fases: la patogénica y la saprofita (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI] 2017).

Importancia de Beauveria bassiana

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* de la familia Clavicipitaceae se encuentra presente en todo el mundo, parasita a varias especies de insectos, entre ellos a la broca del café (Ávila, 2010).

Usos de *Beauveria bassiana* en el cultivo de café

El hongo se desarrolla en el insecto, al cual mata en poco tiempo, se reconoce por el micelio blanco que desarrolla entre los tegumentos de su hospedero. El hongo puede atacar a la broca cuando está fuera del fruto, o bien si no se encuentra muy profunda en el fruto, ya que de otra forma es casi invulnerable al patógeno. Si la broca se contamina con el hongo, muere después de 3 a 6 días en condiciones de humedad saturada y dura hasta 9 días si las condiciones de humedad relativa son de 70 a 80%. Si la humedad es excesiva, la viabilidad de las esporas del hongo baja (Ávila, 2010).

Desarrollo del hongo en el insecto

Según INTAGRI (2017) el desarrollo del hongo se puede dividir hasta en ocho etapas, mismas que se describen a continuación:

Adhesión. El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora (conidio) es depositada en la superficie del insecto.

Germinación. El conidio inicia el desarrollo de su tubo germinativo y un órgano sujetador (llamado apresorio), que le permite fijarse a la superficie del insecto. Para una germinación adecuada se requiere una humedad relativa del 92 % y temperatura de entre 23 a 25 °C.

Penetración. Después de la fijación mediante mecanismos físicos (acción de presión sobre la superficie de contacto) y químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas.

Producción de toxinas. Dentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades de hospedante. Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del

hongo a todos los tejidos. Otras toxinas que secreta son beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassianina que han mostrado cierta actividad insecticida. El propósito de las toxinas es evitar el ataque a las estructuras invasivas del hongo.

Muerte del insecto. Muerte del patógeno y marca fin de la fase parasítica, dando así inicio a la fase saprofita.

Multiplicación y crecimiento. Después de la muerte del insecto, el hongo multiplica sus unidades infectivas (hifas) y estas de manera simultánea crecen, terminando por invadir todos los tejidos del insecto y haciéndose resistente a la descomposición, aparentemente por los antibióticos segregados por el hongo. Después de la completa invasión, el desarrollo posterior del hongo sobre el insecto depende de la humedad relativa, y en caso de no contar con las condiciones idóneas el insecto permanece con apariencia de momia.

Penetración del interior hacia el exterior. Solo si las condiciones ambientales lo permiten el hongo penetra las partes blandas del insecto y emerge hacia el exterior.

Producción de nuevas unidades reproductivas. Al contar con las condiciones para su desarrollo inicia la producción de nuevas unidades reproductivas o conidios. Avilez y Castillo (2005) en una investigación que realizaron en el Norte y el Pacífico de Nicaragua obtuvieron resultados hasta de 60% de incidencia de *Beauveria bassiana* sobre broca.

Vuelta et al. (2017) en una evaluación que realizaron en campo obtuvieron porcentajes de brocas con micelio de *Beauveria bassiana* en un 47%, con una duración de 2 años, y un intervalo de aplicación de 30 días, obtuvieron resultados de un 47% de efectividad de *Beauveria bassiana* sobre broca en campo, ellos utilizaron una cepa de *Beauveria bassiana* con una concentración de 1.0×10^7 esporas/gramo, y una dosis de 3 gramos/litro de agua y 1.5 kg por ha.

Posada et al. (2004) en una investigación que realizaron en Calarca, Quindío llegaron a la conclusión que la infestación de broca fue menor en el tratamiento con *Beauveria bassiana* en un 2% en relación a los tratamientos con agroquímico (Endosulfan y pirimiphos methyl) y un 3% que el testigo.

Forma de reproducción artesanal de la *Beauveria bassiana*

Para la producción del hongo se usan botellas de vidrio puestas previamente en remojo en una solución de detergente e hipoclorito de sodio "límpido". Las botellas deben ser de boca angosta para disminuir los riesgos de contaminación y preferiblemente transparentes, para que se facilite la evaluación del crecimiento y desarrollo del hongo, y la observación de posibles agentes contaminantes. Además se requiere el sustrato (Londoño et al, 1992).

En botellas aplanadas de 375 ml de capacidad se utilizan 50 gramos de arroz de cualquier calidad, sin lavar y 80 ml de agua corriente. Las botellas se tapan con algodón o gasa. Se debe tener cuidado que los tapones queden bien ajustados a la boca de la botella para evitar que se contamine el medio de cultivo después de esterilizado. El tapón no debe penetrar más allá del cuello de la botella (Londoño et al, 1992).

Después de colocar las botellas se adiciona agua a la olla y el nivel debe superar el del agua que está dentro de las botellas. Se tapa la olla y se coloca en la estufa. Después que comience a hervir se cuentan 30 minutos, tiempo en el cual se logra que el arroz quede cocinado y esterilizado. Si el medio de cultivo, en ambos casos, se deja mayor tiempo que el indicado, se puede quemar o deshidratarse en exceso, lo cual afecta el crecimiento y desarrollo normal del hongo. El proceso de esterilización se puede realizar en la cocina de la finca. En un día de trabajo se pueden esterilizar varios grupos de botellas (Londoño et al, 1992).

Siembra del hongo

La siembra consiste en tomar un trozo del cultivo puro y esporulado e introducirlo en las botellas con el medio esterilizado para que el hongo se multiplique. Para ello, se acondiciona un sitio de la casa de la finca donde no haya corrientes de aire, que se pueda asear fácilmente y que en el momento de la siembra no sea frecuentado por muchas personas, ni animales (Londoño et al, 1992).

Este sitio debe tener una mesa de trabajo en la cual se reúnan todos los materiales necesarios para la siembra del hongo como son: el cultivo puro que se va a emplear como inóculo o semilla, también se necesitan mecheros con el fin de mantener una atmósfera libre de contaminantes y alcohol antiséptico. Además, un marcador para marcar las botellas y un cuadro de registro para anotar la producción del hongo (Londoño et al, 1992).

Las botellas que van a ser utilizadas para multiplicar el hongo deben estar a temperatura menor de 300 °C ya que temperaturas mayores matan el hongo que se emplea como semilla o inóculo. Para iniciar la siembra se limpia la superficie de la mesa con alcohol o "límpido", se encienden los mecheros, se limpian las pinzas con alcohol y también con éste, se impregna un algodón donde consecutivamente se debe enfriar la pinza durante el proceso de siembra (Londoño et al, 1992).

Forma de aplicación en campo

Beauveria bassiana debe aplicarse bajo condiciones propicias para su desarrollo, es decir, deben prevalecer condiciones idóneas de medio ambiente (temperatura y humedad) y la presencia de hospederos (plaga objetivo). Las formas de aplicación suelen ser: mediante aplicaciones foliares, siendo la más común y se emplean formulaciones líquidas o sólidas a pH 6 o 7; uso de trampas con organismos inoculados con el hongo, adicionando feromonas como atrayente; y, a través del

riego en “drench”. Para que *beauveria bassiana* actúe requiere ponerse en contacto con el insecto, de otra manera no tendrá acción alguna (INTAGRI S.C, 2018).

La hora propicia para la aplicación de *beauveria bassiana* es durante las horas más frescas del día, asperjando en forma directa al fruto dañado y aplicándolo con bomba de mochila (Ávila. 2010).

Métodos de evaluación del efecto de *Beauveria bassiana* en broca de café en campo

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* se ha convertido en un biocontrolador masivo para el control de broca (*Hypothenemus hampei*), en cultivos de café, y en casos que el hongo *Beauveria bassiana* no este colonizando de forma natural en campo, es importante realizar aplicaciones foliares con soluciones que contengan al hongo entomopatógeno, y luego estar monitoreando sistemáticamente el progreso de infección de *Beauveria bassiana* sobre broca (Avilez y Castillo, 2005).

Avilez y Castillo (2005) recomiendan utilizar la siguiente metodología para la evaluación de *Beauveria bassiana* en campo.

- En un área de 1 manzana se seleccionan cinco plantas distribuidas homogéneamente para ser evaluadas.
- De cada planta se cortan de 30-60 granos que estén afectados por broca de café
- Se contabilizan el número de brocas encontradas en cada árbol, tanto vivas o muertas.
- Las brocas muertas se colocan sobre una cámara húmeda, si tornan un color blanquizco la broca ha sido infectada por *beauveria bassiana*.
- Luego se divide el total de brocas colonizadas, entre el total de brocas encontradas y el resultado se multiplica por cien para conocer el porcentaje de efectividad de *beauveria bassiana*.

Efectividad de *Beauveria bassiana*

Avilez y Castillo (2005) recomiendan utilizar la siguiente fórmula para la determinación de efectividad de *Beauveria bassiana*:

$$\% \text{ de efectividad de } \textit{Bauveria bassiana} = \frac{\text{Número de insectos colonizados}}{\text{Número de insectos totales}} \times 100$$

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación del estudio

Este estudio se realizó en la Finca: La Bendición, del Sr. Denis Delgadillo, esta se ubica en comarca La Dama, a una altura de 210 msnm, a 2.5 km al oeste de colonia San Juan, Nueva Guinea, RACCS.

5.2. Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo pues la información generada es de tipo numérica, se hizo el análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias a través de la diferencia mínima significativa (DMS) con un 95% de confiabilidad, además se trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables de tipo numérica, la generalización objetiva de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia de una población de la cual toda muestra procede.

5.3. Tipo de investigación

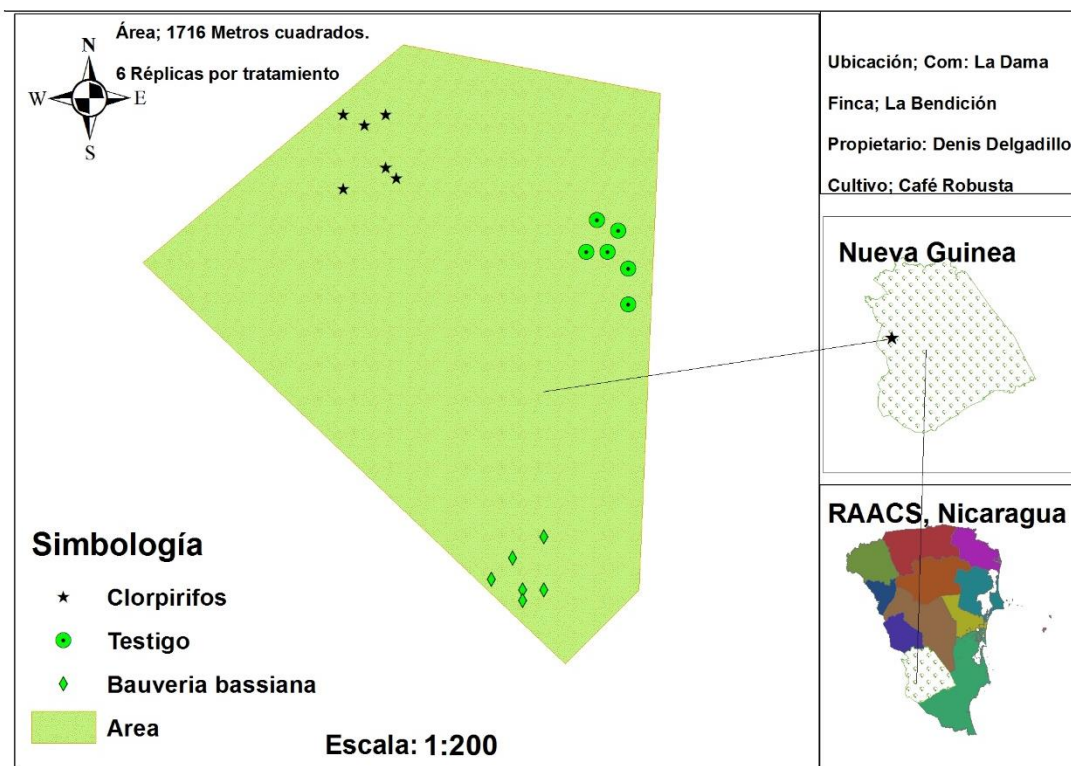
La investigación es de tipo experimental, pues se manipularon deliberadamente variables independientes (métodos de control de broca), para entender el efecto sobre otras, llamadas variables dependientes (incidencia de broca, rendimiento de café), se procura determinar la relación entre dos o más variables en las que unas determinan a las otras, es decir que es condición que exista una variable para que pueda existir la otra, esto quiere decir que hay una relación de causalidad.

5.4. Tipo de ensayo

La investigación se condujo bajo un DCA (Diseño Completamente al Azar con repeticiones), es decir, cualquier planta tenía la probabilidad de ser una réplica, aplicando los principios de aleatorización.

En la siguiente figura se ilustra la distribución de los tratamientos en el área de estudio.

Figura 2. Plano de distribución de los tratamientos



Fuente: elaboración propia

5.5. Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1: (*Beauveria bassiana*): Consistió en controlar broca en café robusta con un hongo entomopatógeno (*Beauveria bassiana*), utilizando una dosis de 2.5 gramos por litro de agua, además se le agregó 10 ml de extracto de ajo al 10%, por litro de agua. La cepa de *Beauveria bassiana* que se utilizó fue proveniente de la empresa Bio-eco, localizada en colonia San Juan, Nueva Guinea, Nicaragua, con el nombre comercial Ba-Eco. La concentración es de 1.0×10^9 a 9.9×10^{10}

esporas/gramo, ingrediente activo 20%, germinación 95% a las 24 horas y 96% de patogenicidad (Bio-Eco, 2018).

Se destinó una bomba manual de 20 litros para realizar las aplicaciones que corresponden a este tratamiento.

Tratamiento 2: (Clorpirifos-48 SL): consistió en controlar broca en café robusta con un insecticida químico (Clorpirifos 48-SL), se utilizó una dosis de 2.5 ml por litro de agua además se le agregó 10 ml de extracto de ajo al 10%, por litro de agua. Clorpirifos-48 SL es un insecticida organofosforado recomendado para el control de insectos, y tiene una acción de contacto, ingestión e inhalación (Point Chile S.A, 2018).

Se destinó una bomba manual de 20 litros para realizar las aplicaciones que corresponden a este tratamiento.

Testigo o control: consistió en no aplicar ningún tipo de tratamiento para notar el comportamiento de incidencia de broca.

5.6. Observaciones o réplicas

Cada tratamiento estuvo constituido por seis réplicas, es decir 6, plantas, de las cuales se tomó una bandola por planta de forma alternada. Lo cual permitió tener representatividad del efecto de los tratamientos en cada estrato de la planta.

5.7. Establecimiento del diseño de campo

El experimento se realizó en café robusta de 4 años de edad y un marco de plantación de 2 m entre surco y 1.2 m entre planta (2,937 plantas/mnz), cada tratamiento estuvo constituido por seis repeticiones o réplicas, para evaluar las variables del estudio. El área del cultivo de café donde se realizó fue de 1,716 m².

Una semana antes de la primera aplicación se delimitó cada tratamiento y las réplicas. Se utilizó cintas plásticas de colores para diferenciar un tratamiento del otro.

Se valoró la topografía del terreno para realizar las distribuciones de cada réplica y tratamiento, así como la dirección del viento para evitar el efecto de un tratamiento en el otro, es decir el tratamiento testigo la ubicación en el área fue en la parte noreste, el tratamiento de beauveria bassiana estuvo ubicada en la parte sur del área, y el tratamiento de químico estuvo ubicada en la parte noroeste del área para evitar cualquier efecto de los tratamientos entre sí.

5.8. Manejo del ensayo

- **Manejo agronómico**

- ✓ **Control de malezas:** Las malezas se controlaron de forma mecánica (deshierba con machete), en todos los tratamientos y el testigo, realizando la actividad de deshierba cada 22 días, a partir de 8 días antes de la primera aplicación para el control de broca.

- ✓ **Fertilización foliar:** Se realizaron aplicaciones de fertilizante foliares utilizando productos convencionales que contenían calcio, boro, zinc, potasio, las aplicaciones se realizaron en todos los tratamientos y el testigo, con intervalo de aplicación de 15 días, a partir de 8 días antes de la primera aplicación para el control de broca.

- **Descripción de las aplicaciones foliares para el control de broca**

En cada tratamiento existió un intervalo de aplicación de 10 días, iniciando el 01 de junio del año 2020 y concluyendo el 30 de septiembre del mismo año. La hora de aplicación fue de 4:00 pm a 6:00 pm, para favorecer la germinación del hongo

entomopatígeno, en cada réplica de los tratamientos se utilizó 290 ml aproximadamente de la solución foliar. El foleo fue dirigido exclusivamente al área de producción de cada planta (bandolas).

La aplicación del tratamiento químico de igual manera se realizó de 4:00 pm a 6:00 pm, y se aplicó en cada planta aproximadamente 290 ml de la solución foliar.

Ningún tratamiento se aplicó con clima lluvioso, y la aplicación correspondiente al día de clima lluvioso se pospuso para realizarse lo más pronto posible, y la aplicación posterior se realizó 10 días después de la última aplicación.

✓ **Metodología de muestreo**

En cada tratamiento se observaron cada 10 días, 6 plantas, en cada planta se evaluó una sola bandola, las plantas muestreadas fueron marcadas con cintas de colores en cada tratamiento para evaluar las mismas plantas en cada muestreo, se realizaron 14 muestreos durante el estudio, realizando un muestreo antes de cada aplicación, y el último muestreo se realizó 10 días después de la última aplicación.

Para la evaluación de las variables de estudio en cada planta (réplica), de cada tratamiento se realizó muestreo de forma alterna en las bandolas, en la primera planta se evaluó la bandola de abajo, en la siguiente la del medio y en la última la de arriba y así para cada tratamiento, de acuerdo a Meneses (2018).

La incidencia de broca se evaluó antes de la primera aplicación para determinar cuál era la incidencia antes del estudio y así llevar en mejor control, utilizando la siguiente fórmula sugerida por Castillo y Romero (2004).

$$\% \text{ de incidencia de broca} = \frac{\text{Total de frutos brocados por bandola}}{\text{Total de frutos por bandola}} \times 100$$

La incidencia de *Beauveria bassiana* se evaluó antes de la primera aplicación para evaluar si el hongo no estaba colonizando brocas de manera natural se utilizó la siguiente formula descrita por Avilez y Castillo (2005).

$$\% \text{ de efectividad de } \textit{Bauveria bassiana} = \frac{\text{Número de insectos colonizados}}{\text{Número de insectos totales}} \times 100$$

El cálculo de producción se realizó solamente en el último muestreo (10 días después de la última aplicación), utilizando la metodología empleada por Meneses (2018), descrita en este documento en la página número 29 y 30.

5.9. Duración del estudio

La duración del estudio fue de 4 meses y 12 días, iniciando el 28 de mayo del año 2020, fecha en la cual se estimó conveniente, por la razón que los granos de café tenían aproximadamente 4 meses de edad, y tenían una consistencia semilechosa, y según Koch (2006), la broca ataca los granos de café después de esa edad, y cuando tienen una consistencia semilechosa, y se concluyó el estudio el 10 de octubre del año 2020, ya que después de esa fecha el café ya estaba madurando y dispuesto para la cosecha.

5.10. Variables del estudio

Tabla 8. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Indicadores	Fuente	Técnica
Incidencia de broca	Porcentaje de incidencia de broca al momento de ingresar al cultivo por primera vez al área de estudio según el tratamiento correspondiente	Frutos sanos Frutos brocados Porcentaje	Cultivo Plantas seleccionadas	Tablas de Registro Métodos de determinación de incidencia
Niveles de severidad de daño de broca	Rangos de afectación en relación a la incidencia de broca encontrada	Bajos (menores a 2,5%), Medios (entre 2,5 y 5%) y Altos (mayores a 5%):	Registros de incidencia	Métodos de determinación de incidencia
Efectividad de Beauveria bassiana	Efecto de Beauveria bassiana para controlar la broca.	Individuos de broca colonizados Porcentaje	Cultivo Plantas seleccionadas	Tablas de Registro
Rendimiento del cultivo	Peso de la producción de café al finalizar el estudio según el tratamiento correspondiente	Quintales/mz	Cultivo Plantas seleccionadas	Pesa Muestras al azar.
Análisis beneficio – costo	Es relación de proporción entre los egresos y las utilidades por tratamiento en el estudio	Ingresos - Egresos = Utilidades en córdobas	Control de ingresos y egresos	Tablas de registro

5.11. Procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento de los datos se usó el software especializado INFOSTAT, con este se hizo el análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias a través de la diferencia mínima significativa (DMS) con un 95% de confiabilidad. A partir de los resultados generados en INFOSTAT se procedió a la elaboración de tablas o gráficos según fuera conveniente para proceder a la interpretación y análisis de los resultados.

Además se hizo análisis exploratorio de los datos para conocer su normalidad, esto usando el Paquete Estadístico Para Ciencias Sociales (SPSS).

Se utilizó Microsoft Excel, para realizar los cálculos de porcentajes, registro de datos y generar gráficos.

5.12. Materiales requeridos

- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Bombas manuales de fumigación de 20 litros de capacidad.
- ✓ Formatos de registros.
- ✓ Tablas de campo.
- ✓ Cinta métrica de 50 m de longitud.
- ✓ Cintas plásticas para señalización

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis estadístico exploratorio de los resultados

Se realizó un análisis exploratorio y descripción general de los datos, es decir, se hizo pruebas de normalidad de los datos a través de Kolmogorov-Smirnov para algunas de las variables en estudio (granos brocados, incidencia de broca), durante todo el periodo de evaluación en los tres tratamientos, lo cual se evidencia que no se siguen los parámetros de normalidad, (ver anexo 1), lo cual se comprueba en los gráficos cuartil-cuartil (ver anexo 2,3,4), de forma general la severidad de daño de broca tuvo un comportamiento del 64% en nivel bajo, 19% nivel medio, 17% nivel alto (ver anexo 5), según la clasificación de Trujillo et al., 2006, quienes indican los diferentes rangos para determinar la severidad de broca (*H. hampei*); bajos (menores a 2,5%), medios (entre 2,5 y 5%), altos (mayores a 5%).

6.2 Incidencia y severidad de broca en el área de café en estudio antes de la implementación de las alternativas de control de broca

La incidencia de broca antes de realizar la primera aplicación en los tratamientos era estadísticamente igual, y la severidad del daño de broca (*H. hampei*), era baja (inferior a 2.5%) en los tratamientos y el testigo (ver tabla 9), está cae en la categoría de baja incidencia según la clasificación de Trujillo et al. (2006), quienes indican los diferentes rangos para determinar la severidad de broca (*H. hampei*); bajos (menores a 2,5%), medios (entre 2,5 y 5%), altos (mayores a 5%).

Es importante especificar que la baja incidencia de broca en los dos tratamientos y el testigo permite evaluar de manera equitativa las alternativas de control de broca (*H. hampei*), sin tener diferencias significativas en los tres tratamientos.

El control cultural de la broca (recolección de frutos caídos en el suelo, junta o pepena, control de malezas) en cosechas anteriores, realizadas por el productor

permitió que la incidencia de la broca antes de realizar la primera aplicación de los tratamientos fueron bajas, según Karp (2010), el control cultural de la broca es uno de los aspectos más importantes para mantener el daño de la broca por debajo del umbral económico.

Tabla 9. *Incidencia de broca en los tratamientos y el testigo antes de la aplicación de las alternativas de control de broca*

Tratamientos	Incidencia (%)	Severidad
<i>Beauveria bassiana</i>	0.59a	Baja
Químico	0.38a	Baja
Testigo	0.33a	Baja

Notas: Promedios con letras iguales, son estadísticamente iguales

P-valor=0.92, CV=188.45%, Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.00

6.3 Efectividad de *Beauveria bassiana* para el control de broca por periodo de medición

Para determinar la incidencia de *Beauveria bassiana* de forma natural, se eligieron de manera aleatoria, dentro del área seleccionada para el tratamiento *Beauveria bassiana*, 200 frutos, a los cuales se les determinó: porcentaje de frutos brocados y de frutos brocados parasitados por *Beauveria bassiana*, no encontrando este tipo de hongo parasitando broca de manera natural, este resultado permitió evaluar la efectividad de *Beauveria bassiana* con mayor precisión, luego se procedió a realizar la primera aplicación del hongo.

La efectividad de *Beauveria bassiana* al final del estudio, fue de 27.22. Es necesario destacar que en el mes de agosto, según la evaluación, existió el valor más alto de parasitismo, (ver figura 3), el porcentaje de infestación de broca (*H. hampei*), fue mayor durante el mes de septiembre en todos los tratamientos, (ver tabla 14), según Valdés et al. (2016), El efecto parasítico de *Beauveria bassiana* no tiene una relación proporcional al número de brocas presentes en el cultivo, y aunque es capaz de establecerse en el campo, el efecto regulador es variable y depende más

de condiciones óptimas de humedad, temperatura y de otros medios de dispersión, que favorezcan su permanencia y eficiencia reguladora en los cafetales, que de la densidad poblacional de la plaga.

Tabla 10. *Incidencia de broca en el área de estudio en las diferentes mediciones*

Tratamientos	Incidencia (%)				Severidad final
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
<i>Beauveria bassiana</i>	0.74a	1.37a	2.45a	5.09b	Alta
Químico	0.64a	0.52a	2.05a	5.03b	Alta
Testigo	1.00a	1.90a	3.03a	9.31a	Alta

Notas: Promedios con letras iguales, son estadísticamente iguales.

P-valor: junio=0.87; julio=0.15, agosto=0.44; septiembre=0.02.

CV: junio=152.42%; julio= 92.32%, agosto=52.10%, septiembre= 41.93%.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS: junio=1.48; julio=1.43, agosto=1.60; septiembre=3.34.

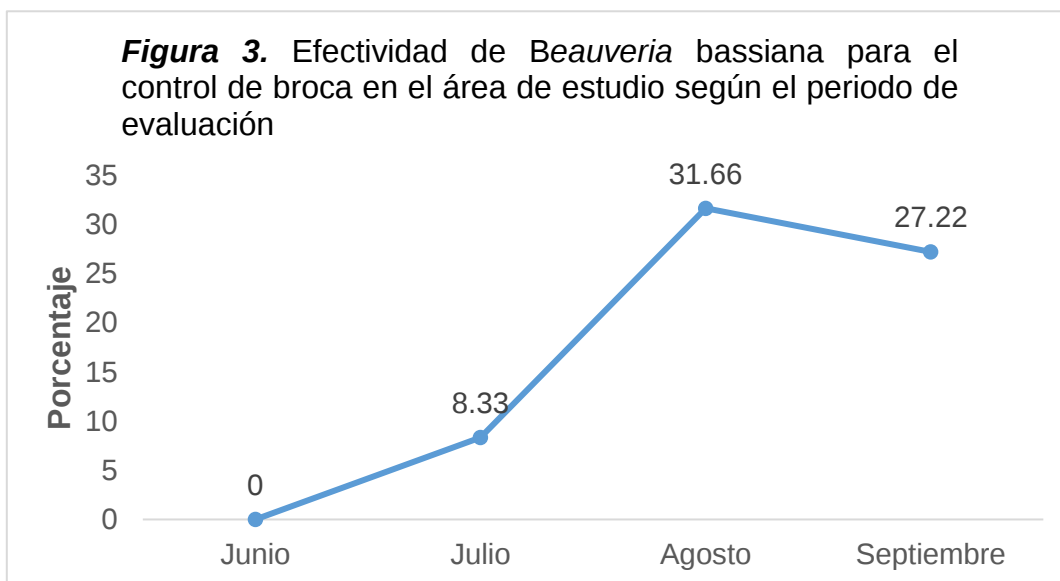
Los resultados demuestran la efectividad de *B. bassiana*, para el parasitismo de broca (*H. hampei*), formando parte de una de las principales alternativas para el control de broca (*H. hampei*), según Cintrón y Grillo (2005), el hongo *B. bassiana*, después de 8 aplicaciones cada 10 días, se establece en campo, entonces el intervalo de aplicación se puede retirar a cada 30 días, lo que significa reducción de costos.

Según Pérez (2009), el empleo de *B. bassiana* permite disminuir la carga toxica, sustituye importaciones, protege el medio ambiente permitiendo que las cosechas puedan realizarse inmediatamente después de su aplicación sin riesgos de intoxicación para los seres humanos y animales, favoreciendo la producción del grano con mayores rendimientos, calidad y sin trazas de productos químicos.

En un estudio realizado por Vuelta et al. (2017), en Cuba y con una duración de 2 años, y un intervalo de aplicación de 30 días, obtuvieron resultados de un 47% de efectividad de *Beauveria bassiana* sobre broca en campo, ellos utilizaron una cepa de *Beauveria bassiana* con una concentración de 1.0×10^7 esporas/gramo, y

una dosis de 3 gramos/litro de agua y 1.5 klg por ha, esto indica que la concentración de *Beauveria bassiana* que se utiliza y el intervalo de aplicación influyen directamente a tener buenos resultado en el control de broca en café.

Según Tobar (1999), porcentajes de efectividad de *B. bassiana* en una evaluación de campo en Colombia, en Chinchiná, en un estudio realizado en un periodo de 1 año, alcanzaron una efectividad sobre broca (*H. hampei*), de 6 a 36%. Por su parte Méndez (2008), en Honduras, alcanzó una eficiencia de *B. bassiana* de 16 a 50% sobre broca (*H. hampei*), por otro lado resultados expuestos por Cintrón y Grillo (2005), en estudios realizados en áreas cafetaleras de la provincia de Villa Clara, Cuba, con una duración de estudio de 2 años, con cepas autóctonas, obtuvieron resultados satisfactorios en el control de broca (*H. hampei*), por encima de 60% de efectividad.



6.4 Rendimiento de café robusta tratado con *Beauveria bassiana*, en comparación a los demás tratamientos de control de broca en estudio.

En el presente estudio, se hizo una proyección a obtener 269.7 qq uva/mnz tras realizar un muestreo en campo. Según Meneses (2018), la mejor manera de obtener la proyección de qq/mnz es realizando un muestreo directamente en campo, tomando en cuenta el número de frutos por bandola o palmilla y el total de bandolas productivas de los diferentes estratos de la planta (alto, medio y bajo), y el número de plantas por manzana. Según Bejarano (2017), en Nicaragua actualmente se estima un rendimiento óptimo del café robusta de 250 quintales uva por manzana, el resultado obtenido en el área de estudio muestra un rendimiento superior a la media esperada para el país.

El comportamiento de incidencia de broca al final del estudio fue estadísticamente diferente, demostrando que el testigo tuvo la mayor incidencia, con 9.31% de incidencia, en los tratamientos de *beauveria bassiana* y químico (Clorpirifos), la severidad de daño de broca al final del estudio no mostró diferencias significativas, sin embargo, en el tratamiento de *beauveria bassiana*, la incidencia de broca fue mayor en 0.06% (ver tabla 10), con respecto al tratamiento con Clorpirifos, esto se debe a que la incidencia de broca en el tratamiento de *beauveria bassiana* antes de la primera aplicación fue mayor que la incidencia encontrada en las plantas tratadas con Clorpirifos, dicha diferencia fue de 0.21% (ver tabla 9).

La aplicación temprana de *beauveria bassiana*, es decir a los 120 días después de la floración, cuando el grano tiene una consistencia semi lechosa y los ataques por broca son bajos, permitió mantener durante el ciclo de fructificación hasta la cosecha los porcentajes de daño por debajo del 6%, según Bustillo et al, (1998), es un valor aceptable para la producción de café.

Respecto a la hipótesis planteada, no se acepta, ya que el café robusta (*Coffea canephora*) tratado con *beauveria bassiana* para el control de broca (*Hypothenemus*

hampei), la incidencia de broca al final del estudio aumentó en 4.50%, en el tratamiento químico (Clorpirifos) aumentó en 4.65%, con respecto a la incidencia de broca antes de realizar la primera aplicación (ver tabla 9 y 10), la diferencia es de 0.15%, y puede ser efecto más de las condiciones ambientales que del efecto del tratamiento.

En los dos tratamientos y el testigo los resultados de proyección de rendimiento considerando la pérdida por afectación de broca son estadísticamente diferentes, los resultados reflejan que el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento químico (264.31 qq/mnz), existiendo una diferencia de 7 libras de pérdida mayor en el tratamiento de *beauveria bassiana* (264.24 qq/mnz), y se refleja claramente que el menor rendimiento fue en el tratamiento testigo (259.72), demostrando que ambas alternativas de control de broca son eficientes, pero se obtienen más beneficios al trabajar con *beauveria bassiana*, ya que se trabaja de manera amigable a la naturaleza, considerando que es un controlador biológico, y también se obtiene una producción sana, sin posibilidades de contener residuos químicos, además, existen opciones de reducir costos al reproducir *beauveria bassiana* artesanalmente. También se debe tener en cuenta que los efectos del entomopatógeno son a mediano y largo plazo, es decir que si se siguieran haciendo los muestreos, se sigue viendo la reducción de pérdidas por efectos de la plaga.

Los daños causados por la broca consisten principalmente en la reducción de la producción por disminución en el peso, pérdida en la calidad del grano, aumento de costos de producción y de beneficiado. Se considera que la broca puede provocar de 40 a 60% de pérdida total del grano, mermando considerablemente la producción (Barrios, 1990).

Algunas pérdidas más representativas a nivel mundial se presentaron en Uganda en 1926, donde durante una grave infección resultaron atacados el 80 % de los frutos contabilizados en una sola hacienda. En Malasia en el año 1929 fueron afectados el 90% de los frutos en una localidad. En la región de Stanleyville (Congo)

en 1934 se reportan datos de un 80% de frutos verdes atacados y un 96% de aquellos más maduros. En Bukoba (Tanzania) la plaga atacó el 90% de los frutos, y en dos años se perdió el 76 % en valor del cultivo. En Sao Paulo (Brasil) en 1929 se citaron pérdidas del 60 al 80% entre plantaciones en las que no se emplearon medidas de control (Le Pelley, 1973).

Según OIRSA (1981), por cada 1% de incidencia de broca se pierde 0.3975 libra por cada quintal resultante del muestreo en campo. En la tabla 10, se muestran las pérdidas de rendimiento por incidencia de broca en los diferentes tratamientos. En el tratamiento de *beauveria bassiana* hubo una pérdida de 5.46 qq/mnz, según la incidencia de broca al final del estudio existió una pérdida de 2.02 libras por cada quintal proyectado a obtener en cosecha según el muestreo en campo ($5.09\% \text{ incidencia de broca} \times 0.3975/\text{lb/pérdida}/1\% \text{ incidencia de broca} = 2.023 \text{ lbs/pérdida/qq proyectado}$), en el tratamiento de químico hubo una pérdida de 5.39 qq/mnz, es decir, existió una pérdida de 2 libras por cada quintal proyectada a obtener, mientras que en el testigo existió una pérdida de 9.97 qq/mnz, con una pérdida de 3.7 libras por cada quintal proyectado a obtener.

Tabla 11. *Proyección de rendimiento por tratamiento según el nivel de incidencia de broca en el área de café en estudio*

Tratamientos	Incidencia de broca al final del estudio (septiembre) (%)	Pérdidas de producción según incidencia (qq/mz)	Proyección de rendimiento (qq uva/mz)	Proyección de rendimiento considerando la pérdida por afectación de broca (qq/mz)
<i>Beauveria bassiana</i>	5.09b	5.46b	269.70	264.24
Químico	5.03b	5.39c	269.70	264.31
Testigo	9.31a	9.98a	269.70	259.72

Notas: Promedios con letras iguales, son estadísticamente iguales.

P-valor: 0.0001, CV: 0.0%, Test: DMS Alfa=0.05 DMS=0.00

6.5 Análisis de la relación beneficio-costo para las alternativas de control de broca evaluadas en el estudio

La relación beneficio-costo (B-C) es relación de proporción entre los egresos y las utilidades por tratamiento en el estudio.

Los ingresos de las alternativas de control de broca (*H. hampei*), *beauveria bassiana* y químico, se calcularon tomando como referencia los quintales de pérdida en el testigo, (ver tabla 11), es decir, se resta los quintales de pérdida por incidencia de broca en el tratamiento testigo, menos, los quintales de pérdida de cada alternativa de control de broca evaluadas en el estudio, el resultado se multiplica por 360 córdobas (el precio promedio del quintal uva de café robusta en el año 2020), el resultado es la ganancia por aplicar determinada alternativa de control de broca.

Para el caso del tratamiento de *beauveria bassiana* se calculó de la siguiente manera: $9.98 \text{ qq/pérdida/testigo} - 5.46 \text{ qq/pérdida/B. bassiana} = 4.52 \text{ qq} \times \text{C\$}360/\text{precio/qq} = 1627.2 \text{ córdobas}$ de ingreso por utilizar *beauveria bassiana* para el control de broca. En el tratamiento químico existió una ganancia de 4.59 qq, por lo que se obtiene un ingreso de C\$1652.4, y en el testigo se dejan de percibir C\$ 1639.8 por no adoptar ninguna alternativa para el control de broca (*H. hampei*), (ver tabla 11).

Con respecto a la relación costo-beneficio, para el tratamiento de *Beauveria bassiana*, por cada córdoba invertido se obtiene un ganancia de 97 centavos, en el tratamiento químico por cada córdoba invertido se obtiene una ganancia de 1.37 córdobas. Aparentemente según este dato el tratamiento químico es el más apropiado, pero, según Lopera et al. (2004) y Racke (1993), los insecticidas organofosforados, han sido considerado como uno de los más utilizados para el control de plagas de cultivo de café, banano, granos básicos y hortalizas, de acuerdo a González (2003), la mayoría de los agroquímicos, son catalogados como un compuesto tóxico para la fauna terrestre y acuática, y para las personas, según

Taberner (2007), los productos convencionales representan un riesgo para los microorganismos del suelo y para los agricultores, y provoca un efecto negativo en el ambiente y al utilizarse con frecuencia puede causar la aparición de plagas resistentes a los plaguicidas.

De acuerdo al incremento del precio de la mayoría de los productos convencionales en los últimos 2 años según productores de café de Nueva Guinea han incrementado un 28.5%, (en el año 2018 el litro de Clorpirifos tenía un valor de C\$ 280, y en el año 2020 tiene un valor de C\$ 360), esto significa que el precio de este insecticida va aumentando cada vez más, mientras que *beauveria bassiana*, se puede reproducir artesanalmente y así reducir los costos para control de broca en café y sobre todo la producción obtenida es saludable sin riesgo de contener residuos dañinos para la salud.

La relación beneficio-costos debe tomarse en cuenta para obtener buenos resultados, pues se debe elegir el tratamiento del cual se obtengan mejores beneficios, en este caso tiene mejor posición al tratamiento de *beauveria bassiana* ya que se trabaja de manera amigable a la naturaleza, el producto obtenido no presentará residuos químicos, y se puede reproducir la *beauveria bassiana* artesanalmente, lo cual significa que los egresos serían menores que al utilizar productos químicos.

Tabla 12. *Análisis de la relación Costo – Beneficio por la implementación de alternativas de control de broca*

Tratamientos	Egresos (C\$/tratamiento)	Ingresos (C\$/mz/tratamiento)	Utilidades (C\$)	Relación C-B
<i>Beauveria bassiana</i>	827.56	1627.2	799.64	1:1.97
Químico	697.6	1652.4	954.84	1:2.37
Testigo	0.0	-1639.8*	-1639.8	1:-1639.80

Nota: En el caso del testigo, los ingresos se calcularon en base a una manzana de cultivo, es decir que el productor deja de percibir 1639.8 córdobas/mz solo por el hecho de no aplicar ninguna opción de manejo.

VII. CONCLUSIONES

- La severidad de daño causado por la broca al final del estudio fue alta para los dos tratamientos y el testigo, la menor incidencia se encontró en el tratamiento químico y *Beauveria bassiana*.
- Ambas alternativas de control de broca implementadas en el estudio, controlaron eficientemente la población de broca (*Hypothenemus hampei*), ya que mantuvieron la incidencia de broca por debajo de 6%.
- La aplicación en tiempo oportuno de *Beauveria bassiana*, permitió mantener el daño de broca por debajo del 6%, dicho porcentaje es aceptable para la producción de café.
- La efectividad de *Beauveria bassiana* al final del estudio tuvo un parasitismo de (27.22%), sobre broca de café, además se debe considerar que los efectos del hongo se siguen manifestando a mediano y largo plazo.
- La proyección de rendimiento del café considerando la pérdida por afectación de broca fue mayor con el tratamiento químico, pero con una mínima diferencia, en relación al café tratado con *Beauveria bassiana*, (7 lbs/mnz/año), a cambio de lo cual se obtienen beneficios económicos y ambientales, sumando al efecto del hongo por más tiempo en el cultivo.
- Con respecto a la relación costo-beneficio, para el tratamiento de *Beauveria bassiana*, por cada córdoba invertido existe una ganancia de 97 centavos, para el tratamiento químico por cada córdoba invertido se obtiene una ganancia de 1.37 córdobas, tomando en cuenta que el hongo entomopatógeno era un producto comercial y no reproducido artesanalmente.

VIII. RECOMENDACIONES

- Utilizar el hongo entomopatógeno *beauveria bassiana* para el control de broca, ya que es un producto biológico y mantiene el daño de broca por debajo del umbral económico, además los efectos del hongo se prolongan en el tiempo.
- A la universidad URACCAN e instituciones que trabajan con el sector agropecuario que capaciten a los productores sobre todo lo relacionado a la reproducción e implementación de *beauveria bassiana*.
- A los productores que inicien aplicar al hongo entomopatógeno, entre los 110 – 115 días después de la floración del café y que el intervalo de aplicación sea de 10 días en las primeras 5 aplicaciones para establecer el hongo en campo, y las aplicaciones las realicen en horas frescas preferiblemente después de las 4:00 PM.
- A docentes, estudiantes universitarios y técnicos extensionistas continuar con la línea de investigación de la implementación de *B. bassiana* en café con periodos más amplios de evaluación y otras alternativas agroecológicas para el control de broca.
- A técnicos extensionistas que recomienden realizar un manejo integrado de broca, para mantener siempre el daño de esta plaga por debajo del umbral económico.

IX. REFERENCIAS

- Abrego, C. (2012). *Manual para la producción orgánica del café robusta*.
https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual_Cafe_Robusta/manual_cafe_robusta.pdf/
- Acosta, D. (2017). *Adaptación de dos variedades de café robusta (Coffea canephora) con fuentes diferentes de fertilizantes en el primer año del cultivo*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11805/1/T-UCE-0004-24-2017.pdf>
- Acosta, R. (2017). *La broca del fruto del café*.
http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/broca_cafe.pdf
- Alaniz, E. J. Ramírez. P. N. (2015). *Estrategias de Adaptación ante el cambio climático en la caficultura, en cinco comunidades del municipio de San Ramón, Matagalpa. I semestre de 2015*.
<http://repositorio.unan.edu.ni/3195/1/5618.pdf>
- Ávila, A. O. (2010). *Control de broca del café (Hypothenemus hampei) utilizando once cepas del hongo Beauveria bassiana y el nematodo Heterorhabditis bacteriophora*.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/575/1/T2905.pdf>
- Avilez, M. L., Castillo. M. J. (2005). *Evaluación de la incidencia natural de Beauveria bassiana 8bals) Vuill sobre Hypothenemus hampei (Ferrari) y Leucoptera coffeella (Guerin.Meneville) en el cultivo de vafe en dos zonas cafetaleras de Nicaragua*.
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20t694.pdf>

- Barrios, O. (1990). *Pérdidas de café provocadas por la broca de fruto del café en Togo Hypothenemus hampei (Ferr). Taller Regional Sobre la Broca del Cafeto, San Salvador (El Salvador), PROMECAFE.*
<https://europepmc.org/article/pmc/pmc4535578>
- Bejarano. R. (2017), *Café robusta en crecimiento.*
<https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/419362-cafe-robusta-crecimiento/>
- Bio-Eco (2018). *Ficha técnica del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana.*
<https://www.bioecoweb.com/producto/ba-eco/>
- Bustillo. E.A (1998). El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, Hypothenemus hampei (FERRARI), (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae. *Ecología. Rev. Acad. Colomb. Cienc..* 29 (110): 55-68, 2005. ISSN: 0370-3908.
<https://www.researchgate.net/publication/266467480>
- Castillo, B. M. Romero. D. S. (2004). *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.*
<http://repositorio.una.edu.ni/1917/1/tnh10b456.pdf>
- Centro de Comercio Internacional (2015). *Calidad del café-Robusta - la especie.*
<http://www.intracen.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Robusta-la-especie/>
- Centro de Investigaciones de Café – CICAPE (2011). *Guía técnica para el cultivo de café.*
<http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- Chaput, C. (2000). *Buenas prácticas para la producción de café.*
https://www.agrolearning.com/educacion/file.php/117/para_leer/guiaBPA_cafe.pdf

- Cintrón, B. y Grillo, H. (2005). Dinámica poblacional de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) durante la postcosecha del café en Topes de Collantes Jibacoa. *Centro agrícola*. 36(2), 71-76
http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V36Numero_2/cag122091675.pdf
- CISA (2019). *Café robusta seduce a la región*.
<https://www.eleconomista.net/economia/Cafe-robusta-seduce-a-la-region20180410-0075.html>
- Comejo, M. (2012). *Alternativas agroecológicas para el manejo del café (Coffea arabica)*.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3251/1/TESIS.pdf>
- Donoso, E. M. (2016). *Evaluación de enraizadores Orgánicos en el crecimiento de la planta de Café, Variedad Robusta (Coffea canephora) en viveros en el cantón General Villamil Playas*
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5498/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-75.pdf>
- Duicela, L., Corral, R. (2004). *Caficultura orgánica: Alternativa de desarrollo sostenible. Alemania: Consejo Cafetalero Nacional*
https://books.google.com.ec/books/about/Caficultura_org%C3%A1nica.html?hl=es&id=axFjAAAAMAAJ
- El Nuevo Diario (2017, 15 de febrero). *Café robusta, una alternativa al cambio climático*. <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/419039-cafe-robusta-alternativa-cambio-climatico-nicaragu/>

- El Nuevo Diario (2018, 27 de julio). *Café robusta exportación Nicaragua*.
<https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/497377->
- Escobar, M. (2016). *Poblaciones de nematodos fitoparásitas asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007)*. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10e74.pdf>
- FORUMCAFE (2017). Origen del café en Nicaragua. <https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/nicaragua.pdf>
- Gaviria, A., Cárdenas, R., Montoya, E., Madrigal, A. (1995). Incremento Poblacional de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) relacionado con el desarrollo del fruto del cafeto. *Entomología*. 32(2), 101-116.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n2/v32n2a01.pdf>
- Gómez, M., Montes, M. (1996). *Manejo de nematodos endoparásitos*.
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf>
- Gómez, R., Guerrero, W. (2007). *Efecto de diferentes niveles y tipos de sombra sobre el comportamiento de las principales plagas del cultivo de café, Managua. Nicaragua 2007*. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10g633n.pdf>
- González, J. (2003). *Inhibidores del transporte de electrones*. Laboratorio CIA. Universidad de Antioquia. Medellín. Guadalquivir, S.L. (2000). Sevilla, España. <http://www.tragusa.com/esint/catalogo/ficha.php?producto=10mona>
- Gualotuña, E. C. (2016). *Adaptación de dos variedades de café robusta (Coffea canephora pierre ex froehner) con tres distancias de plantación*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7941/1/T-UCE-0004-14.pdf>

Instituto líder en capacitación agrícola - INTAGRI (2017). *Beauveria bassiana en el Control Biológico de Patógenos*.
<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos> -

Instituto nicaragüense de estudios territoriales, INETER (2020). Temperatura promedio en el mes de octubre del año 2020.
<https://www.ineter.gob.ni/boletinagrometeorologico/2020/BOLETINAGROMETOCT2020.pdf>

Karp, D. (2010). *La broca del café*. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>

Kimura, Y. (2007). *Manejo integrado de plagas y enfermedades*.
https://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-57_02.pdf

Koch, C (2006). *La broca de café*.
http://www.infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/attachment/3_Broca_del_Cafe.pdf

Le Pelley, R. H. (1973). *Las Plagas del Café*. La Habana, Ed. Ciencia y Técnica.
<http://522759094.librospreensiva.xyz/isbnfile.php?q=LAS%20PLAGAS%20DEL%20CAF%C3%89>

Lizardo, C. (2016). *Manejo integrado de la broca*.
<https://www.slideshare.net/cristianlizard/manejo-integrado-de-broca-del-cafe>

Londoño, P. O., Flórez, F., Pardey, A. E., García, T. M. (1992). *Producción en finca a del hongo Beauveria bassiana para el control de la broca del café*.

<https://docplayer.es/53883008-Produccion-en-finc-a-del-hongo-beauveria-bassiana-para-el-control-de-la-broca-del-cafe.html>

Lopera, M. Margarita, M. Peñuela, M. Gustavo, A. Domínguez, G. María, C. Mejía, Z. Gloria, M (2004). Evaluación de la degradación del plaguicida clorpirifos en muestras de suelo utilizando el hongo *Phanerochaete chrysosporium*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. (33), 58-69. [Fecha de Consulta 24 de Enero de 2021]. ISSN: 0120-6230. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43003306.pdf>

Mariel, A. D., Noel. M. N. (2010). *El café y sus diversas aplicaciones en la pastelería*. <http://repotur.yvera.gob.ar/bitstream/handle/123456789/4015/cafe%20y%20pasteleria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, E. T., Tinoco. J. A. (2018). *Análisis productivo y comercial del café oro (Coffea arábica L) en Nicaragua, 2010-2015 (Trabajo de graduación)*. <http://repositorio.una.edu.ni/3716/1/tnf01s582.pdf>

Meneses, J. J. (2018). *Cálculo de producción de café. Documento elaborado para realizar prácticas de campo*.

Montaño, V. (2012). *La agroecología un proceso de transición hacia el desarrollo sostenible*. https://cluster-nicaragua.net/media/biblioteca/archivos/TESIS_Na9092C.pdf

Montilla, R. Camacho, B. Quintero, A. Cardozo, G. (2006), Parasitismo por *Beauveria bassiana* sobre la broca del café, en el estado Trujillo, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(2), 183-198. Recuperado en 24 de enero de 2021. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200003&lng=es&tlng=es

Morón, A., Gómez. C., Pérez. R (2016). *La función de la Gallina Ciega en los cultivos.*

http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/LibroGallinaciega_2016.pdf

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria - OIRSA (1981). *Efecto del beneficiado del café en la mortalidad de la broca del fruto del café (Hypothenemus hampei, Ferrari, 1867).*

[https://books.google.com.ni/books?id=ooYqAAAAYAAJ&pg=PA8&lpg=PA8&dq=OIRSA,+ \(1981\).+Efecto+del+beneficiado+del+caf%C3%A9+en+la+mortalidad+de+la+broca+del+fruto+del+caf%C3%A9+\(Hypothenemus+hampei,+Ferrari,1867\),&source=bl&ots=q4lkh1qkyU&sig=ACfU3U3Uss8_ZCEh0ITlYCL8zYVdeSrDSA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiUp4uRsYnmAhXKqFkKHfU_BDYQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=OIRSA%2C%20\(1981\).%20Efecto%20del%20beneficiado%20del%20caf%C3%A9%20en%20la%20mortalidad%20de%20la%20broca%20del%20fruto%20del%20caf%C3%A9%20\(Hypothenemus%20hampei%2C%20Ferrari%2C1867\)%2C&f=false](https://books.google.com.ni/books?id=ooYqAAAAYAAJ&pg=PA8&lpg=PA8&dq=OIRSA,+ (1981).+Efecto+del+beneficiado+del+caf%C3%A9+en+la+mortalidad+de+la+broca+del+fruto+del+caf%C3%A9+(Hypothenemus+hampei,+Ferrari,1867),&source=bl&ots=q4lkh1qkyU&sig=ACfU3U3Uss8_ZCEh0ITlYCL8zYVdeSrDSA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiUp4uRsYnmAhXKqFkKHfU_BDYQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=OIRSA%2C%20(1981).%20Efecto%20del%20beneficiado%20del%20caf%C3%A9%20en%20la%20mortalidad%20de%20la%20broca%20del%20fruto%20del%20caf%C3%A9%20(Hypothenemus%20hampei%2C%20Ferrari%2C1867)%2C&f=false)

Palma, J., Meneses, B., Sánchez, G. (2018). Las cochinillas harinosas y su impacto en los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*. 30(1),281-298.[fecha de Consulta 24 de Enero de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43757673019>

Pérez, R. (2009). Efecto de la cepa autóctona LBb-11 de Beauveria bassiana (Bals) Voill sobre Hypothenemus hampei Ferrari en el municipio Fomento. https://www.researchgate.net/profile/Leonides_Castellanos/publication/322909378_Efecto_de_la_cepa_autoctona_LBb,11_de_Beauveria_bassiana_Bals_Voill_sobre_Hypothenemus_hampei_Ferrari_en_el_municipio_Fomento/links/5a753eaea6fdccbb3c05970b/Efecto-de-la-cepa-autoctona-LBb-11-de-Beauveria-bassiana-Bals-Voill-sobre-Hypothenemus-hampei-Ferrari-en-el-municipio-Fomento.pdf

- Point Chile S.A. (2018). *Ficha técnica del Clorpirifos*.
[https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol. renov. mod. etiqueta point chile s.a. Clorpirifos 48 ce - anexo etiqueta Clorpirifos 48 ce.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol._renov._mod._etiqueta_point_chile_s.a._Clorpirifos_48_ce_-_anexo_etiqueta_Clorpirifos_48_ce.pdf)
- Posada, F., Villalba, D., Bustillo, E. (2004). Los insecticidas y el hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. *Cenicafé*. 55 (2), 136-149.
[https://www.researchgate.net/publication/234119917 Los insecticidas y el hongo Beauveria bassiana en el control de la broca del cafe](https://www.researchgate.net/publication/234119917_Los_insecticidas_y_el_hongo_Beauveria_bassiana_en_el_control_de_la_broca_del_cafe)
- Pulgarin, J. (s.f.). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*.
<https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Racke, K. (1993). Environmental fate of chlorpyrifos. En Revista *Environmental contamination Toxicology*.
<https://www.usask.ca/toxicology/jgiesy/pdf/publications/JA-770.pdf>
- Reyes, M., Jaramillo, L. (1994). *El manejo de café robusta Coffea canephora en la región Amazónica*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4343/7/iniapeecaM27.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2015, 06 de julio). *La caficultura en México*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-la-caficultura>
- Tabener A. (2007). *Manejo de poblaciones de plagas resistentes a plaguicidas*.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1422s/a1422s00.pdf>
- Tobar, S. P. (1999). *Evaluación en campo de aislamientos de Beauveria bassiana seleccionados por su resistencia a la luz ultravioleta*. *Cenicafé*. Chinchiná, Caldas, Colombia.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050%2803%29195-204.pdf>

- Trujillo, Aristizabal. L. Bustillo. A. Jiménez. M. (2006). Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca de café, (*Hypothenemus hampei*). *Entomología*. 32(1), 39-44.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n1/v32n1a06.pdf>
- Úbeda, J. y., Martínez, L. M., López, R. S. (2014). Evaluación de tres métodos de manejo integrado de *Hypothenemus hampei*, sobre los índices de daño.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3487/1/228497.pdf>
- Valdés, D., Ramírez, R., Gómez, M., Morales, B., Duarte, A. (2016). Efecto de *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la broca del café en la zona del Algarrobo, Trinidad, Cuba. *Centro agrícola*. 43 (1), 15-20.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag02116.pdf>
- Valdés, D., Ramírez, R., Gómez, M., Morales, B., Duarte, A. (2016). Efecto de *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la broca del café en la zona del Algarrobo, Trinidad, Cuba. *Centro agrícola*. 43 (1), 15-20.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag02116.pdf>
- Vuelta, R., Rafael, D., Rizo, M., Basilé, R. (2017). Evaluación del efecto del hongo *Beauveria bassiana*, trampas y el nematodo (*Heterorhabditis bacteriophora*) en el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en las Yaguas. *Ciencia en su PC*. (4), 53-67. [Fecha de Consulta 24 de Enero de 2021].
ISSN: 1027-2887. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/324091658>
- Zamorano (1996). *Manejo Integrado de la Gallina Ciega*.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4125/1/210646.pdf>

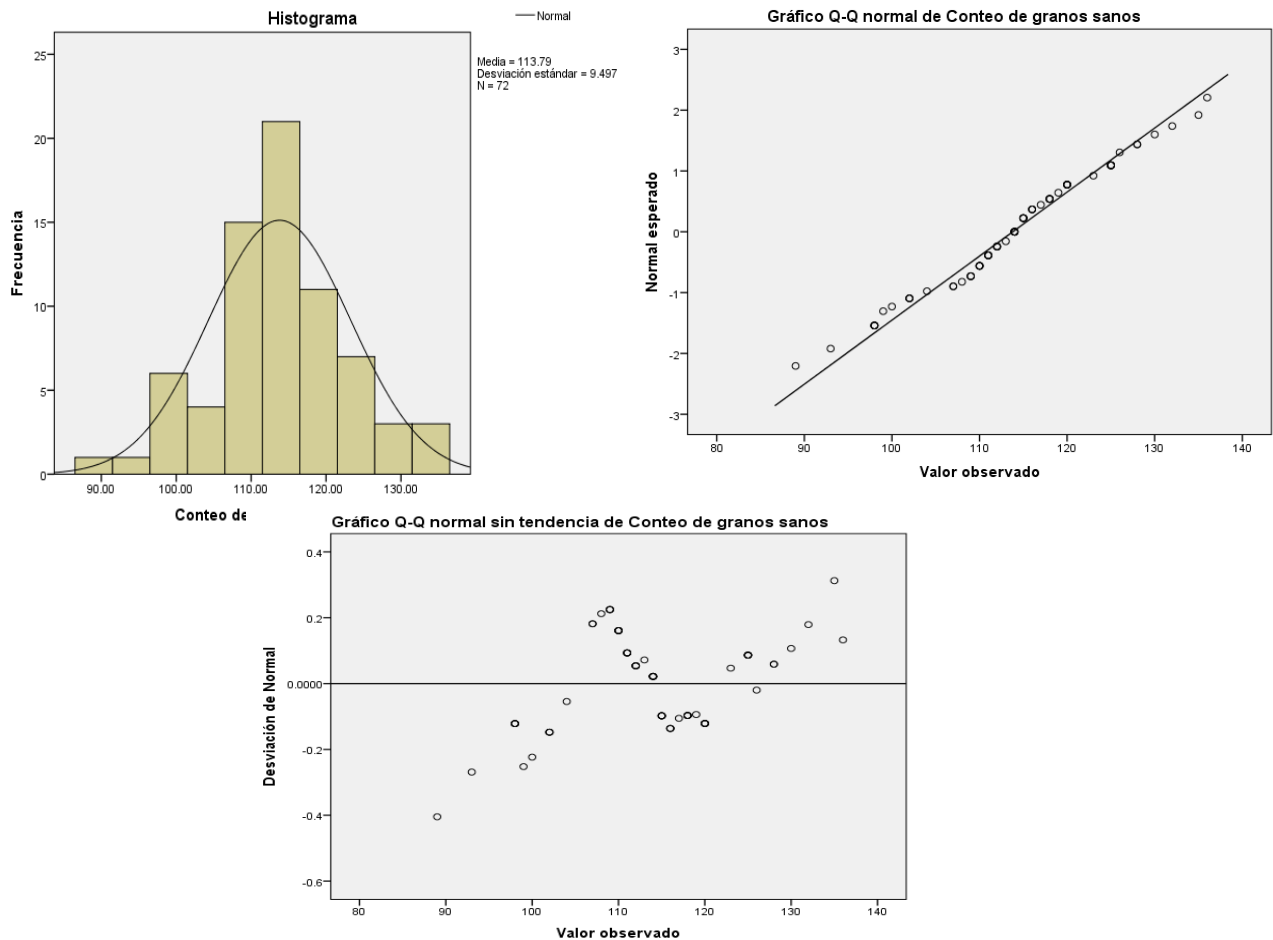
X. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad de los datos a través de Kolmogorov-Smirnov durante todo el periodo de evaluación en los tres tratamientos

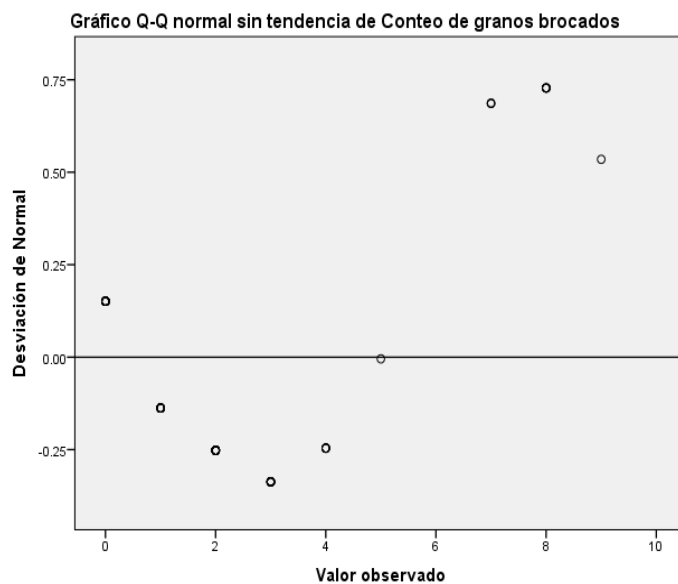
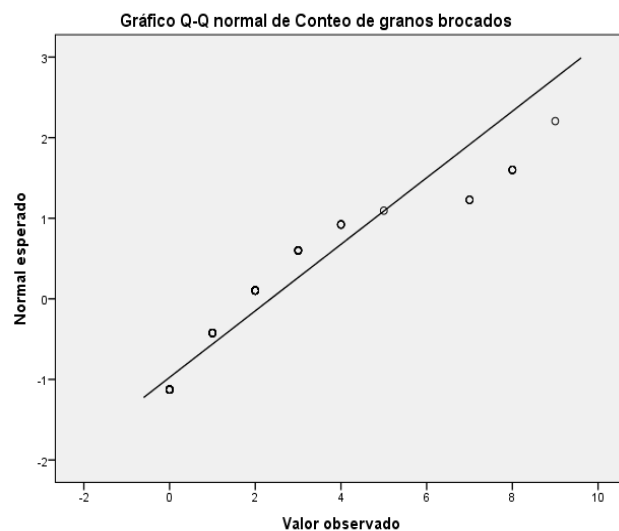
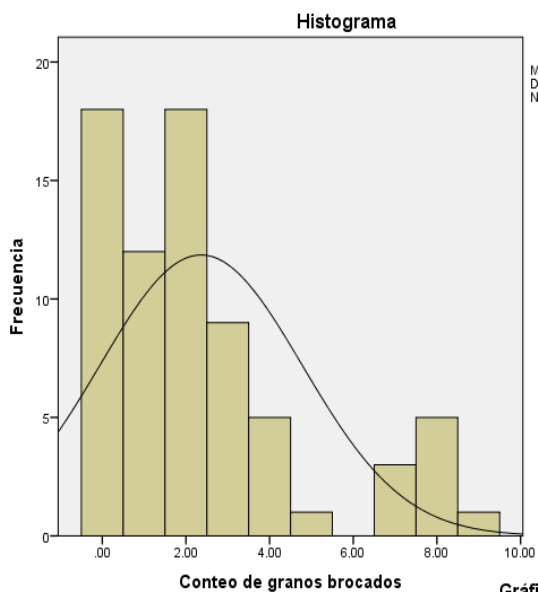
Variables	Estadístico	N	P-valor
Granos sanos	0.099	72	0.080
Granos brocados	0.226	72	0.000
Incidencia de broca (%)	0.187	72	0.000

Nota: Si P-valor es menor a 0.05 (5%), la variable no tiene una distribución normal

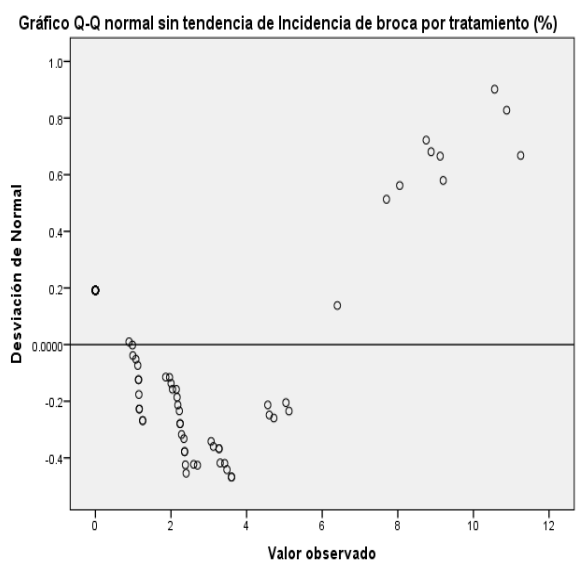
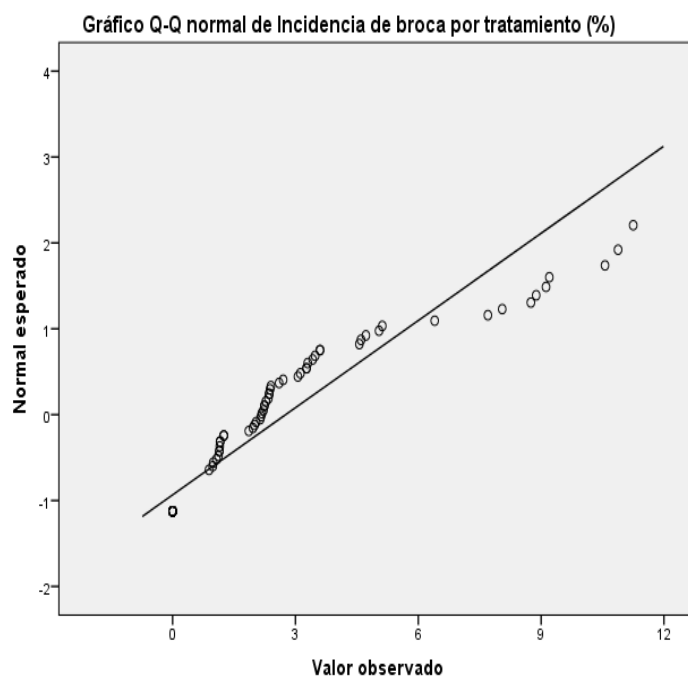
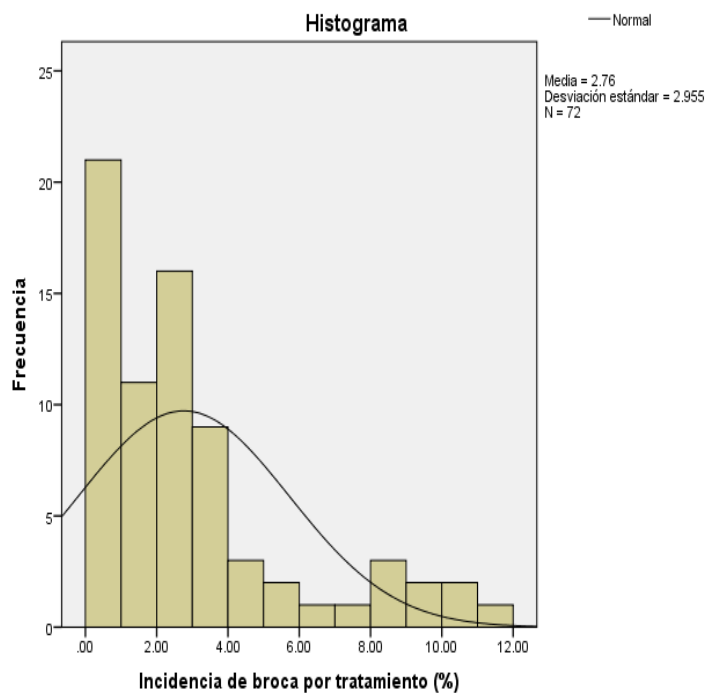
Anexo 2. Comportamiento de la variable granos sanos para todo el periodo de evaluación



Anexo 3. Comportamiento de la variable granos brocados para todo el periodo de evaluación



Anexo 4: Comportamiento de la variable incidencia de broca para todo el periodo de evaluación



Anexo 5. Nivel de incidencia de broca por tratamiento en todo el periodo evaluado

Tratamientos	Nivel de incidencia de broca (% de plantas/tratamiento)		
	Baja	Media	Alta
<i>Beauveria bassiana</i>	18	12	3
Químico	25	4	4
Testigo	21	3	10
Total	64	19	17

Anexo 6. Ficha: Cálculo de incidencia de broca por tratamiento

Tratamiento:		Fecha:		
Número de planta	Ubicación de la bandola	Granos Sanos	Granos brocados	Incidencia de broca (%)
1	Alta			
2	Media			
3	Baja			
4	Alta			
5	Media			
6	Baja			

Anexo 7. Ficha: Cálculo de incidencia de *Beauveria bassiana* de forma natural

Tratamiento:		Fecha:		
Número de planta	Ubicación de la bandola	Total de brocas	Brocas colonizadas	Incidencia de <i>Beauveria bassiana</i> (%)
1	Alta			
2	Media			
3	Baja			
4	Alta			
5	Media			
6	Baja			

Anexo 8. Ficha: Cálculo de efectividad de *Beauveria bassiana*

Tratamiento:

Fecha:

Número de planta	Ubicación de la bandola	Total de brocas	Brocas colonizadas	Efectividad de <i>Beauveria bassiana</i> (%)
1	Alta			
2	Media			
3	Baja			
4	Alta			
5	Media			
6	Baja			

Anexo 9. Ficha: Cálculo de producción por tratamiento

Tratamiento:

Fecha:

N/ planta	Ejes	Bandolas productoras	Granos por bandola	Total de frutos	Plantas por mnz	Frutos por mnz	Lbs/uva	qq/mnz/
1								
2								
3								
4								
5								
Total de frutos								
Promedio de frutos por planta								

Anexo 10. Ficha: Cálculo de pérdida por incidencia de broca

Tratamiento:

Incidencia de broca %	Pérdida/lbs/qq	qq/mnz según muestreo en campo	Total/lbs/pérdida	Qq/uva/pérdida	Qq/uva/mnz de acuerdo a incidencia de broca
Según OIRSA 1981 por cada 1% de incidencia de broca se pierde 0.3975 lbs por cada quintal proyectado a obtener según muestreo en campo.					

Anexo 11. Galería de imágenes



Imagen 1. Aplicación de *B. bassiana* (a la izquierda), café colonizado por *B. bassiana* (a la derecha). Foto: Padilla, J., 2020



Imagen 2. Aplicación de Clorpirifos (a la izquierda), daños ocasionados por broca (a la derecha). Foto: Hurtado, S., 2020

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE**



URACCAN

Anexo 12. AVAL DEL TUTOR

El tutor/a: **MSc. Carlos Álvarez Amador**, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

- a. Protocolo ☐
 - b. Informe Final ☒
 - c. Artículo Técnico ☐
 - d. Otra forma de culminación (especifique): ☐
-

A la investigación titulada: **Beauveria bassiana** como alternativa para control de Broca (*Hypothenemus hampei*) en café robusta (*Coffea canephora*), Nueva Guinea, 2020.

Desarrollada por el o los estudiantes: **Br: José Santos Hurtado Duarte**
Br: Jairo Antonio Padilla Mendoza

De la Carrera en: ingeniería agroforestal

Cumple con los requisitos establecidos en el régimen académico y normativa de forma de culminación de estudios vigente.

Nombre y apellido del Tutor, Tutora: **MSc. Carlos Álvarez Amador**

Firma:

Recinto: URACCAN, Nueva Guinea

Extensión: Nueva Guinea

Fecha: Nueva Guinea, Marzo 2021