



CARRERA: INGENIERÍA AGRÓNOMA

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Influencia de *Beauveria bassiana* en el control de la plaga *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en cafetales de la variedad Caturra Isla 6-14. Influence of *Beauveria bassiana* in the control of pest *Hypothenemus hampei* (Ferrari), in coffee plantations of the variety Caturra Isla 6-14.

Autor: Alain Vera Muñoz.

Tutor: M.Sc. Osmanis de Jesús Cuevas Hernández.

Sancti Spíritus
Año
2023

Copyright©UNISS

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez” subordinada a la Dirección de General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su publicación bajo la licencia siguiente:

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.

Comandante Manuel Fajardo s/n, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP. 60100

Teléfono: 41-334968

AGRADECIMIENTOS

A la revolución que con su firmeza y bondad en programas como este me permitió ingresar en la Sede Universitaria Municipal de Trinidad para cursar estudios de nivel superior, al claustro de profesores que me formó durante estos 6 años de carrera, al profesor Delvis Valdés Zayas, por su paciencia, entrega y dedicación, al Ingeniero Félix Jauregui Hernández, por su apoyo en todo el trabajo de investigación, a todos aquellos que de una forma u otra me brindaron su ayuda desinteresada, gracias a todos.

DEDICATORIA

A mí esposa e hijos, por su paciencia y perseverancia para que continuara los estudios, brindándome todo el apoyo y ánimo posible.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en cafetales pertenecientes a productores miembros de la Cooperativa de Producción Agropecuaria "10 de Octubre", Municipio Cumanayagua, Provincia Cienfuegos, los cuales poseían plantaciones de *Coffea arábica* L. Variedad Caturra Isla 6-14, en el período comprendido entre Mayo y Diciembre del 2022. Con el objetivo de evaluar la influencia de *Beauveria bassiana* Cepa LBB1 en el control de la plaga *H.hampei* en dichos cafetales. Para la preparación y aplicación de *B.bassiana*, se siguió el procedimiento indicado en la Norma Cubana

© NC 1013: 2014. Se realizó un diagnóstico inicial de los niveles de infestación que existían en las plantaciones y posteriores mediciones cada 7 días después de aplicada *B.bassiana* Cepa LBB1, donde se encontró que existen diferencias significativas entre las medias de los niveles de infestación de *H.hampei* antes y después de aplicar *B.bassiana* Cepa LBB1 para su control, siendo los valores de las medias de los niveles de infestación de *H.hampei* menores después de aplicar *B bassiana* comparados con los valores que aparecen antes de ser aplicada *B.bassiana*, lográndose, en todos los casos después de la aplicación de *B.bassiana* Cepa LBB1 una reducción en aproximadamente la mitad de los niveles de infestación de *H.hampei*.

Palabras Claves: Patógeno, control, café, variedad y disminuir.

ABSTRAC

The present work was carried out in coffee plantations belonging to producing members of the Cooperative of Agricultural Production October 10", Municipality Cumanayagua, County Cienfuegos, which possessed plantations of *Arabica Coffea* L. var. Caturra Island 6-14, in the period understood between May and December of the 2022. Con the objective of evaluating the influence of *Beauveria bassiana* Stump LBB1 in the control of the plague *H.hampei* in this cafetales. Para the preparation and application of *B.bassiana*, the procedure was continued indicated in the Norma Cuban © NC 1013: 2014. He was carried out an initial diagnosis of the infestación levels that they existed in the plantations and later mensurations every 7 days after having applied *B.bassiana* Stump LBB1, where it was found that significant differences exist before among the stockings of the levels of infestacion of *H.hampei* and after applying *B.bassiana* Stump LBB1 for their control, being the values of the stockings of the levels of infestación of smaller *H.hampei* after applying *B bassiana* compared with the values that appear before being applied *B.bassiana*, being achieved, in all the cases after the application of *B.bassiana* Stump LBB1 a reduction in approximately half of the levels of infestación of *H.hampei*.

Key words: Plagues, control, coffe, variety and to diminish.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	4
ABSTRAC.....	5
INDICE.....	6
INTRODUCCIÓN	7
Objetivo General:	9
Objetivos Específicos:	9
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
1.1. Algunas características botánicas de <i>Coffea arábica</i> L., según Rodríguez (2004).....	11
1.2. Caracterización de la plaga <i>H.hampei</i>	12
1.3- Manejo de la plaga <i>H. hampei</i>	16
1.4.Algunas consideraciones para el manejo y aplicación de <i>B. bassiana</i> según Chiriboga <i>et al.</i> ,(2015).	20
1.5.Control de <i>Hypothenemus hampei</i> con <i>B. bassiana</i>	23
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1.Caracterización de las áreas de experimentación.....	24
2.2.Metodología para aplicación de <i>B. bassiana</i> Cepa LBB1.	25
2.3.Metodología para el muestreo luego de la aplicación de <i>B. bassiana</i>	26
2.4.Modo de acción de <i>B. bassiana</i>	27
CAPÍTULO 3, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.Valoración económica de los resultados obtenidos en la presente investigación.	36
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIÓN.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42

INTRODUCCIÓN

El control biológico fue concebido a inicios del siglo XIX cuando algunos naturistas de diferentes países reseñaron el importante papel de los organismos entomófagos en la naturaleza. Con el empleo de la lucha o control biológico se intenta restablecer el perturbado equilibrio ecológico, mediante la utilización de organismos vivos, para eliminar o reducir los daños causados por organismos perjudiciales (Badii y Abreu, 2006).

Hacia finales de la década de 1990 se hicieron varias revisiones sobre el estado que guardaban los avances en la investigación y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), particularmente en Centroamérica (Dufour et al.,1999), Colombia (Baker,1999) y México (Barrera *et al.*, 2000). Tales revisiones se refieren sobre todo a los avances en control biológico.

El inicio del uso del control biológico mediante la utilización de entomófagos en Cuba fue en 1930 a cargo del eminente entomólogo cubano L. C. Scaramuzza, quien mediante estudios de la biología y ecología de la mosca cubana *Lixophaga diatraeae* e investigaciones sobre su cría masiva, abrió las puertas de una nueva fase de lucha biológica en la caña de azúcar (Fernández ,2002) y la agricultura del país.

Precisamente, el programa nacional de lucha biológica que se creó por el Ministerio de la Agricultura en 1988 tuvo la finalidad de la ampliación de la red de CREE y, en 1991, bajo la orientación de la máxima dirección del país, acuerdan la creación de numerosos centros dedicados a la producción de estos medios (Ovies, 2003). A partir de este momento comienza la producción de diferentes entomófagos en los CREE, siendo *L. diatraeae* y *Trichogramma* los que han liderado las producciones y las áreas donde han sido liberados.

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), es el insecto plaga más importante que afecta el cultivo del café está presente en casi todos los países productores causando pérdidas cuantiosas a los cultivadores (Bustillo,2006).

La agricultura se encuentra en una crisis, motivada principalmente por los impactos negativos y la alta dependencia de los plaguicidas sintéticos, entre otras causas (Altieri, 1994; Pimentel, 1997); sin embargo, en muchos lugares se observan experiencias que demuestran que resulta posible obtener producciones agrícolas mediante alternativas sostenibles para el manejo de los problemas

de plagas, siempre que se otorgue participación a los agricultores y técnicos o extensionistas

(Vázquez *et al.*, 2005b). La preferencia de *H. hampei* por la cereza oscila entre las 15-18 semanas(verde-hecho), según las características del agroecosistema, estando en ese momento las cerezas aptas para ser penetradas por las hembras adultas de la broca (INISAV, 2008). De los granos que caen al suelo durante la cosecha, un porcentaje bajo, está infestado con insectos vivos al finalizar la misma; sin embargo, al iniciar la siguiente cosecha se ha determinado que el 100 % se encuentran infestados por la plaga (CNSV, 2010).

Los productores de café con frecuencia utilizan insecticidas sintéticos para controlar a *H. hampei*, como el Endosulfán y el Clorpirifos, los cuales son altamente tóxicos para el ambiente, causando daños a la salud de los productores y además se ven afectadas las comunidades aledañas a las plantaciones de café (Cruz y Malo, 2013; Infante, 2018). El control biológico de esta plaga ha tenido bajo impacto cuando se ha evaluado con parasitoides importados de otros países de América Latina (Rodríguez *et al.*, 2017).

Uno de los métodos de manejo más antiguos de *H. hampei* es el cultural, que es efectivo y ambientalmente ventajoso, pero esta práctica aumenta considerablemente los costos de producción, debido a que se recurre a la eliminación y destrucción de los granos de café infestados para reducir los niveles de la población; este método si puede funcionar en cualquier etapa del desarrollo de la fruta del café (Infante, 2018).

Estudios realizados en Cenicafé (Colombia) sobre el uso de entomonemátodos han demostrado su efecto regulador sobre las poblaciones de brocas presentes en los frutos del suelo. La especie del nematodo *Heterorhabditis* tiene la capacidad de penetrar los frutos de café brocados que se encuentran en los árboles, causar mortalidad y multiplicarse en los estados de la broca que hay en dicho fruto (Lara *et al.*, 2004).

Valdés *et al.*,(2016), en su investigación titulada "Efecto de *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la broca del café en la zona del Algarrobo, Trinidad, Cuba", evaluaron los niveles de efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* en el control de *H.hampei*, encontrándose que no existen diferencias significativas entre las tres dosis evaluadas, por lo que propicia la opción de sugerir el empleo de la dosis de 500 millones de NEPs por hectárea para el control de la plaga al ser la dosis más económica.

El control de la broca en los cafetales del municipio Cumanayagua, Provincia Cienfuegos constituye una prioridad para la empresa cafetalera de ese territorio; sin embargo, la utilización de plaguicidas químicos resulta sumamente costosa, tóxica y contaminante del medioambiente. Por lo que el empleo de controladores biológicos de esta plaga constituye una alternativa ya probada, con buenos resultados y nada despreciable, ante un insecto que es hoy una de las causas de la pérdida de rendimientos y calidad del grano de café en los cafetales en producción de la Empresa Municipal Agropecuaria de Cumanayagua, así como en productores individuales.

Problema de Investigación: La pérdida de rendimientos y calidad del grano de Café, en plantaciones de la variedad Caturra pertenecientes a la Empresa Municipal Agropecuaria de Cumanayagua y cafetales de productores individuales, por la incidencia de la plaga *H. hampei*.

Hipótesis: Si se aplican como alternativa de control biológico la *Beauveria bassiana* Cepa LBB1 en el control de la plaga *H. hampei* en cafetales de la variedad Caturra, pertenecientes a la Empresa Municipal Agropecuaria de Cumanayagua y en cafetales de productores privados, de esa misma región entonces se podrá disminuir la incidencia de esta plaga logrando una mejora en los rendimientos y calidad del grano en las ya mencionadas plantaciones cafetaleras.

Objetivo General:

Evaluar la influencia de *Beauveria bassiana* Cepa LBB1 en el control de la plaga *H. hampei*, en cafetales de la variedad Caturra Isla 6-14, pertenecientes a la Empresa Municipal Agropecuaria Cumanayagua, para de esta forma contribuir a la mejora de los rendimientos y calidad del grano en dichas áreas cafetaleras.

Objetivos Específicos:

Confecionar un Marco Teórico Refencial que sirva de sustento metodológico y teórico a la investigación.

Medir el comportamiento de la plaga *H. hampei* bajo la influencia de *Beauveria bassiana* Cepa LBB1 en cafetales de la variedad Caturra Isla 6-14 pertenecientes a la Empresa Municipal Agropecuaria Cumanayagua y productores individuales de esta misma región.

Realizar análisis estadístico de los datos obtenidos en las mediciones efectuadas para validar los mismos.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Algunas características botánicas de *Coffea arábica* L., según Rodríguez (2004).

Es una planta de semisombra, la recolección se realiza en varias etapas, su fruto es una cerecita roja poco carnosa con dos semillas. Los cafetos viven de treinta a cincuenta años, a veces más, aunque su vida, económicamente útil, es de 15- 20 años, su ubicación taxonómica es:

Grupo: Fanerógamas (por ser plantas de flores aparentes, órganos sexuales visibles)

Clase: Angiospermas (por ser una Fanerógamas con semilla contenida en ovario cerrados)

Subclase: Dicotiledóneas (con dos hojas embrionarias o seminales)

Orden: Rubiales (por tener ovario inferior, flores radiadas y 4-5 pieza en cada verticilo)

Familia: Rubiáceas (hojas simples con estípulas, ovario bilobulado)

Género: *Coffea*

Especie: Del género *Coffea* posee más de 40 especies originarias, en su mayor parte, del trópico, y que se distinguen por ciertas características de la flor. Entre éstas se encuentran los jazmines, gardenias entre otras. Esto es importante saberlo, pues las enfermedades pueden ser comunes entre la misma familia. Las especies de mayor interés económico son:

Coffea arábica: 80-90% de la producción mundial. Originario de Etiopía.

Coffea canephora: cerca del 20%. Nativo de los bosques ecuatoriales de África.

Coffea liberica: sobre un 1%. Nativo de los alrededores de Monrovia en Liberia.

Coffea arábica: fue descrita primero por Linneo en 1753. Las variedades más conocidas son *Typica* y *Borboun* pero se han desarrollado de estas muchas cepas y cultivares diferentes. Las flores son blancas y perfume ajazminado, están agrupadas en címulos (generalmente 2- 3). Las frutas son ovals y maduran en 7 a 9 meses; normalmente contienen dos semillas planas (los granos de café).

Coffea canephora.var. Robusta: el término robusta es en realidad el nombre de una variedad de esta especie extensamente cultivada. Es un arbusto robusto que crece hasta 10 metros de altura, pero con un sistema de raíz poco profundo. Sus características organolépticas difieren de las del *C. arabica*, posee un contenido superior de alcaloides que dicha especie por lo que es más fuerte en sabor. Las flores aparecen en glomérulos numerosos y densos; a veces tienen hasta 50 flores por nudos, y son de mayor tamaño que las del arabica. Las frutas son redondeadas y tardan 11 meses en madurar; Las semillas son de forma oval y más pequeñas que las de *C. arabica*. Fue descubierto en el Congo.

Coffea liberica: el café Liberica crece como un árbol fuerte y grande, hasta 18 metros de altura, con hojas coriáceas grandes. Las frutas y semillas (los granos) también son grandes.

Hay algunos criterios técnicos de que esta especie solamente se debe sembrar en Cuba como ornamental, lo que nos da la idea de su escaso valor comercial. Produce grandes granos amarillos, los cuales son muy difíciles de cosechar por su tamaño exagerado.

1.2. Caracterización de la plaga *H.hampei*.

1.2.1. Distribución de la broca del café.

La broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr) constituye uno de los mayores problemas entomológicos en la caficultura a nivel mundial, ya que puede implicar pérdidas importantes en los rendimientos por cosecha que van desde un 5% hasta un 24% según la infestación que se presente (Ramírez y Mora, 2001). En casos extremos se reportan pérdidas de hasta del 50% de la cosecha.

Según Borbón (2001) el ataque de este insecto se detectó por primera vez en granos de café de exportación de África hacia Europa en 1867. En la región esta plaga apareció en Guatemala en 1971, más tarde se propagó a los demás países del área: Honduras (1977), México (1978), El Salvador (1981) y Nicaragua en 1988 (Sibaja y Jiménez, 1989).

La broca es originaria del África ecuatorial y fue introducida al continente americano a principios del siglo pasado. Actualmente se encuentra prácticamente en todos los países productores de café (Le Pelley ,1968). En Colombia se registró por primera vez en el sur hacia 1988 y su dispersión ha sido rápida ya que encontró condiciones muy favorables para su desarrollo debido

especialmente al clima, a la continuidad de la zona cafetera y su grado de tecnificación, que le aseguran suministro permanente de alimento (Bustillo,1991).

Un análisis de la distribución de la broca a nivel mundial usando herramientas moleculares es presentado por Benavides (2005b) y Benavides *et al.*, (2005). Esta información sugiere una invasión en Asia de la broca procedente del oeste africano y se presume que algo similar ocurrió en América. Después de amplificar cientos de loci a partir de muestras de broca provenientes de

17 países en tres continentes (Africa, Asia y América) mediante AFLP, confirmaron el origen de esta plaga en Etiopía, y documentaron su dispersión mundial y la invasión de Asia y América a partir de insectos del Oeste Africano. La distribución de las huellas dactilares y su relación genética, determinada por un análisis de Neighbor-Joining, indicó que dos introducciones de broca en Brasil se dispersaron posteriormente a través de las Américas y una tercera introducción en América fue evidente en Perú y Colombia (Benavides, 2005a).

Muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. En el caso de la broca existe una proporción de adultos que vuela y se dispersa, por lo que es casi imposible erradicar un insecto con aspersiones de insecticidas o control cultural si en un momento dado parte de su población está volando y otra parte está refugiada en otros cafetales donde no se están haciendo prácticas para reducir su población. Por lo tanto, una vez la broca aparece en una zona hay que tratar de convivir con ella (Baker,1984).

Según Barrera *et al.*, (2007), La broca fue introducida accidentalmente hacia 1913 en Brasil, donde se puso en evidencia en 1924. Las primeras tentativas de lucha biológica comenzaron desde 1929 con la introducción del parasitoide *P. oropsnasuta* Waterson proveniente de Uganda. Su introducción en América Central es relativamente reciente; se registró en 1971 en Guatemala, donde fue objeto de una severa campaña de lucha. Se dispersó rápidamente en los países vecinos: Honduras en 1977, México en 1978, El Salvador en 1981, luego en Nicaragua en 1988. La región de El Caribe se vio también afectada: 1978 en Jamaica, 1995 en República Dominicana. Ecuador y Colombia no escaparon a la diseminación. En el continente americano, además de los países citados, la broca se encuentra en Cuba, Haití, Bolivia, Perú y Venezuela. Los países del área que más recientemente han sido contaminados son Costa Rica en 2002 y Panamá en 2005.

En Guatemala, desde su aparición en 1971, con un foco inicial de infestación de 1,434 ha localizado en los departamentos de Suchitepéquez y Sololá, para 1978 labroca alcanzó un incremento de 93,556 ha, que representaron el 38.1% del área cultivada a nivel nacional, afectando un total de 908 fincas distribuidas en diez departamentos del país (ANACAFE ,1978).

1.2.2. Comportamiento reproductivo de la broca.

H. hampei es de color negro, muy pequeño, de apariencia similar a los gorgojos. Es un insecto holometábolo, lo cual quiere decir que presenta un estado de huevo, varios estados larvarios, una pupa y el estado adulto. Por lo general, la hembra perfora el fruto por la corola o disco (aunque también lo puede perfora por un lado si este presenta un 20% o más de materia seca). Las hembras ponen entre 10 y 120 huevos durante su vida, estos miden de 0,5-0,8mm de largo y 0,2mm de ancho, son globosos, ligeramente elípticos; en un principio son de color blanco lechoso y a medida que el periodo de incubación progresa se tornan amarillentos. Los huevos eclosionan entre 5-15 días, dependiendo de las condiciones climáticas (a mayor temperatura menor tiempo para la eclosión). Las larvas son apodas (sin patas) de color blanco, miden entre 0,7 y 2,2 mm de largo y de 0,2-0,6 mm de diámetro, tienen mandíbulas fuertes hacia delante, su cuerpo está cubierto por setas blancas; este estado dura de 10 -26 días, tiempo en el que se alimenta del endospermo en el fruto del café (Guharay, 2001).

Posterior al estado larval sigue la fase de pupa, la cual es en un principio de color amarillento y luego se torna en un pardo pálido, estas son de tipo exhalada o libre y pueden medir entre 0,5 y 1,9mm. En el estado adulto la hembra mide aproximadamente 1,8 mm de largo y 0,8 mm de ancho, puede vivir de 35 -190 días, mientras que los machos son más pequeños miden aproximadamente 1,2 mm de largo y 0,6 mm de ancho y en promedio viven 40 días. Este insecto cuando emerge es de color castaño claro, cambia a pardo oscuro hasta tornarse negro. La cabeza de los adultos tiene forma globular, se esconde en la parte anterior del tórax, que en su parte frontal posee de 4 a 7 dientes; las antenas tienen forma de codo, los ojos son planos y no convexos, los elitros (par de alas endurecidas) están cubiertos con setas o espinas que crecen hacia atrás. El segundo par de alas está presente en las hembras, mientras que en los machos se encuentran muy reducidas y por lo tanto no pueden volar (ICAFE-PROMECAFE, 2001).

La reproducción de *H. hampei* presenta una alta endogamia, en la que la broca colonizadora da lugar a una progenie de muchas hembras, y pocos machos. Los machos no vuelan y permanecen en el fruto y las hembras copulan con sus hermanos lo cual ocurre antes de salir de los frutos para ir a colonizar nuevos frutos de café. Este aspecto es acentuado por el mecanismo de la haplodiploidía funcional en el cual tanto las hembras como los machos son diploides, pero estos últimos fallan en expresar y transmitir los cromosomas paternos (Brun *et al.*,1995).

1.2.3. Ciclo de vida y hábitos de la broca.

El ciclo de reproducción de la plaga bajo diferentes ambientes también se ha estudiado, variando según la altitud desde 40 días en las zonas más bajas, hasta 93 días en las zonas con mayor altitud. Bajo esta última condición, se logra llegar al inicio de la recolección sin que haya una nueva generación de adultos dentro de los frutos, facilitando el control de la plaga (Rojas, 2007).

El ciclo de vida de la broca ha sido estudiado por varios autores (Corbett 1933; Bergamin 1943; Ticheler 1963; Baker 1984; Muñoz 1989; Decazy 1990a; Baker *et al.*,1992 a). En Colombia se han llevado a cabo varios estudios al respecto (Montoya y Cárdenas,1994; Gaviria *et al.*,1995; Ruiz *et al.*, 1996; Ruiz 1996). Existen considerables diferencias en cuanto a la información sobre la duración de sus estados, pero esto obedece fundamentalmente a diferencias en las condiciones ambientales de los diversos estudios, especialmente de temperatura. El adulto hembra de la broca del café una vez emerge de la pupa está listo para aparearse y unos tres días después puede iniciar posturas. Su período de oviposición es de unos 20 días y coloca entre dos y tres huevos/día. El número de días que puede permanecer ovipositando se estima en Colombia en 15 días, La incubación del huevo dura 7,6 días (23°C) y el estado de larva 15 días para los machos y 19 días para las hembras, la prepupa dos días y la pupa 6,4 días (25,8°C). El ciclo total de huevo a emergencia de adulto se estima en 27,5 días (24,5°C). Sin embargo, el tiempo generacional, o sea el tiempo que tarda en iniciarse otra generación del insecto, bajo condiciones de campo se estimó para la zona colombiana en 45 días a una temperatura promedio de 22°C y de unos 60 días para una temperatura de 19°C. La relación de sexos es aproximadamente de 1:10 en favor de las hembras. (Ruiz, 1996).

La dinámica de población de brocas en los frutos residuales después del fin de la recolección en el suelo y la planta se ha estudiado en diferentes zonas cafetaleras del país, encontrando poblaciones

que aumentan durante períodos secos y disminuyen por efecto de las lluvias. Las poblaciones altas del suelo se relacionan con las épocas de mayor captura en trampas y emergen más rápido, mientras las poblaciones de la planta migran más lentamente buscando atacar nuevos frutos. El efecto de las lluvias es claro sobre la mortalidad de la broca presente en los frutos del suelo (Borbón, 2005).

El adulto macho de la broca no tiene sino función reproductora. Es de menor tamaño, y se encuentra siempre en el interior de los frutos, además es incapaz de perforar un fruto. Debido a que los músculos de sus alas se encuentran atrofiadas no puede volar. Este comportamiento explica el porqué no es viable el uso de atrayentes sexuales para el manejo de este insecto (Bustillo *et al.*, 1998).

Una vez que la hembra colonizadora inicia su oviposición, permanece en el interior del fruto del café hasta su muerte cuidando de su progenie. Bajo condiciones de la zona central cafetera se ha determinado que, en un fruto de café, desde el momento que es susceptible al ataque de la broca hasta la época de cosecha, se pueden producir dos generaciones de la broca. Si estos frutos no se cosechan y se dejan secar en el árbol, se puede llegar a cuatro generaciones (Ruiz 1996).

Al hacer observaciones sobre el tiempo que una hembra demora en penetrar un fruto, se encontró que éste varía de acuerdo con el estado de desarrollo del fruto así: frutos verdes requieren en promedio 5 horas 36 minutos, mientras que frutos pintones 5 horas 54 minutos, frutos maduros 4 horas 50 minutos y frutos secos 11 horas 21 minutos (Miguel y Paulini, 1975).

1.3- Manejo de la plaga *H. hampei*.

1.3.1. Enemigos nativos de la broca.

Conocer la fauna benéfica que afecta una plaga es fundamental para hacer planes sobre su manejo. Un primer paso en el estudio de la broca fue determinar la fauna benéfica nativa existente en Colombia que podía estar afectando sus poblaciones. Estos estudios arrojaron la presencia de nueve entomopatógenos, un parasitoide de adultos y ocho depredadores, lo que demuestra la biodiversidad del ecosistema cafetero colombiano y especialmente tratándose de una plaga como la broca de reciente introducción a este hábitat (Bustillo, 1995). Esto afirma la importancia de preservar el ecosistema con medidas de control que no afecten esta fauna y así favorecer al cafetero,

quien tendrá que hacer menos esfuerzos físicos y económicos para el control de la plaga (Bustillo et al.,2002; Bustillo *et al.*,1998).

Es importante anotar el papel importante que juegan las hormigas predadoras de la broca del café. Recientemente Vélez (2002) estudioel comportamiento y efecto que tienen varias especies de hormigas sobre poblaciones de la broca, siendo las más importantes: *Solenopsisgeminata*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp. y *Mycocepurus smithii*. Algunas de ellas son capaces de trepar a los árboles y predar adultos que están intentando dañar los frutos, otras se introducen en los frutos infestados y predan sobre todos los estados de broca que encuentran en su interior y existen otros grupos que solo actúan a nivel del suelo afectando las poblaciones de ellas que se encuentran en frutos caídos. De ahí la importancia de reconocer estas especies y proteger sus nidos.

Estudios sobre la dispersión de la broca han demostrado que los frutos infestados que se encuentran en el suelo y que caen como consecuencia del ataque del insecto o de las actividades agronómicas del cultivo, se convierten en reservorio de poblaciones y son el principal foco de dispersión del insecto. Moreno *et al.*, (2001) demostraron que durante la cosecha se retiran del lote y se lleva al beneficio entre el 66% y el 74% de los estados de broca viva que hay en el lote y que entre el 4,6% y el 12,4% de esta población se queda en el suelo de los árboles al finalizar la cosecha.

Castaño *et al.*, (2005) estudiaron la dispersión de la broca en cafetales zoqueados y encontraron que después de la eliminación del cafetal, se dejaron en el lote de 7 a 10 millones de brocas por hectárea; estas brocas infestaron ramas de árboles distanciados hasta 30 metros del lote zoqueado y se estimó que después de realizada esta actividad, volaron entre 2 a 3,5 millones de adultos de broca por hectárea, indicando que esta práctica favorece la dispersión del insecto. Por otra parte, se evaluó el impacto de las brocas que emergen de los frutos brocados caídos al suelo en las futuras infestaciones de los frutos de la parte aérea dlo árboles considerando la temperatura, la altitud y el evento climático que se presente en campo (Constantino 2010; Benavides 2012). Los resultados mostraron que un solo fruto brocado caído en el suelo de un cafetal ubicado a 1.218 metros de altiud puede infestar en un árbol en producción hasta 150 frutos en una época de La Niña, 590 en un periodo normal y hasta 959 en El Niño.

1.3.2.Introducción de parasitoides contra la broca del café.

Existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagónicos con otros microorganismos y esta acción puede ser aprovechada como una forma de control biológico de patógenos vegetales. Entre los microorganismos más importantes se encuentran las bacterias de los géneros: *Fusarium*, *Pseudomonas* y *Bacillus* y hongos de los géneros: *Gliocladium* y *Trichoderma*. Este último es el más utilizado para el control de un grupo importante de patógenos del suelo. El efecto principal de *Trichoderma* es por hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Además, algunos aislamientos controlan nematodos (Vega y Fernández, 2001).

La otra estrategia para combatir la broca fue la introducción de fauna benéfica que no existía en el medio pero que se conocía que actuaba en su lugar de origen, África. Por esto se introdujeron tres especies de parasitoides a través de cuarentenas en Inglaterra: *Cephalonomiastephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* La Salle. La producción masiva de estas especies ha sido bien documentada (Orozco, 1995; Portilla y Bustillo, 1995; Orozco y Aristizábal, 1996; Bustillo *et al.*, 1996; Orozco, 2002).

En Colombia, los procesos de producción se pusieron a disposición de 11 laboratorios particulares con los cuales se contrató durante cinco años, (1995-1999) la producción masiva para poder iniciar liberaciones de avispidas en fincas cafeteras infestadas con la broca. De estos parasitoides se liberaron más de 1600 millones en cafetales de todo el país en un periodo de cinco años, a través de actividades conjuntas con el servicio de Extensión de la FNC, con el propósito inicial de establecerlos en el ecosistema cafetero y que se distribuyeran a todos los cafetales infestados con la broca (Bustillo *et al.*, 1998).

En relación con el comportamiento de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* es bastante similar para las dos especies. Atacan todos los estados de la broca cuando colonizan los frutos infestados. Primero matan el adulto de la broca y se alimentan de su hemolinfa, luego consumen los huevos y las larvas de primer instar y posteriormente paralizan las larvas de segundo instar, las prepupas y pupas sobre las cuales ovipositan y se desarrollan (Bustillo *et al.*, 1996). Debido a este comportamiento estas especies están dirigidas a los frutos maduros, sobremaduros y secos que no fueron recolectados y se quedaron en el árbol. Por tanto, las épocas más oportunas para liberar las avispidas son al terminar la cosecha principal y después de la mitaca. Los parasitoides se liberan en los "focos" de la finca donde los niveles de infestación son más altos (Aristizábal *et al.*, 1998b).

Tanto para *C. stephanoderis* como para *P. nasuta* se ha encontrado que realizan una acción depredadora sobre los adultos que se encuentran colonizando los frutos. El nivel de ataque se ha encontrado que puede variar entre un 48% hasta un 65% para *C. stephanoderis*. (Aristizábal *et al.*,

1998a), en el caso de *P. nasuta* estos niveles se han registrado entre el 60 y 70% de predación (Bacca,1999).

Estudios de campo han mostrado el potencial de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* como controladores reduciendo los niveles de infestación de la broca, pero utilizando relaciones altas de parasitoides que oscilan entre 3 y 10 parasitoides por fruto infestado (Salazar y Baker,2002; Bacca 1999), las cuales no son viables económicamente debido a los altos costos de su producción.

La presencia de los parasitoides es evidente en todas las zonas donde se han liberado. El parasitismo ocasionado por *C. stephanoderis*, es dependiente de las densidades de *H. hampei* y aumenta cuando las poblaciones de la broca son mayores (Benavides *et al.*, 1994). En estudios de campo se ha determinado que *C. stephanoderis* disminuyó significativamente el número de estados biológicos de la broca, tanto en frutos recolectados en árboles como en frutos del suelo (Aristizábal *et al.*, 1997).

Observaciones en Nariño después de cuatro años de realizar liberaciones de las especies *P. nasuta* y *C. stephanoderis* en cafetales de este departamento, comprobaron la presencia de ambas especies. Sin embargo, *P. nasuta* demostró más adaptación al medio ya que se encontró en mayor proporción y en más lugares que *C. stephanoderis* a pesar de haber sido liberada en menor proporción (Quintero *et al.*,1998).

Un programa similar se adelanta con *Phymastichus coffea*, parasitoide de adultos de la broca. Para esta especie también se ha desarrollado un proceso de producción masiva (Orozco y Aristizábal, 1996; Orozco, 2002) y después de comprobar su selectividad a especies de *Scolytinae* (López-Vaamonde *et al.*,1997) se autorizó su liberación en cafetales Colombianos *P. coffea* parasita el adulto de la broca que está penetrando los frutos, siendo un complemento ideal para las otras dos especies. En condiciones de campo se ha comprobado una alta capacidad de búsqueda y adaptación de *P. coffea* sobre poblaciones de la broca (Vergara *et al.*, 2001a, Echeverry 1999). Los estudios sobre su actividad en cafetales han mostrado una buena capacidad de búsqueda en el campo, aún en presencia de poblaciones de broca inferiores al 5% de infestación (Vergara *et al.*, 2001b).

El hongo *Beauveria bassiana* es ampliamente conocido por los caficultores atacando la broca del café *H. hampei* debido a que la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia realizó un amplio programa de capacitación e introducción de este agente de control biológico en las zonas cafetaleras (Posada y Bustillo, 1994).

Los cafetaleros reconocen el hongo *B. bassiana* por el aspecto de mota de algodón que cubre a la broca del café cuando el hongo esporula sobre la broca del café (Antia *et al.*, 1992). En las investigaciones desarrolladas en Cenicafe sobre la tabla de vida de la broca del café se estableció que el 50% de la población de broca en campo es afectada naturalmente por el hongo *B. bassiana*

(Ruiz, 1996). Esto indica, que los caficultores deben procurar buscar la forma segura de manejar el resto de población para evitar pérdidas en la cosecha.

1.4. Algunas consideraciones para el manejo y aplicación de *B. bassiana* según Chiriboga *et al.*, (2015).

El hongo *Beauveria bassiana* es considerado uno de los agentes de control biológico con mejor eficiencia en el sector agrícola. Existen experiencias de todas partes del mundo en el control exitoso de varios tipos de plagas, que causan daño y grandes pérdidas en el sector.

Los hongos como *Beauveria bassiana* que pueden causar enfermedades en los insectos, son llamados entomopatógenos. Viven naturalmente en el ambiente, suelos o en agua, como así también alojados en los mismos cuerpos de los insectos, causando su muerte en un plazo aproximado de cinco a siete días; con la posibilidad de propagar la enfermedad a otros insectos bajo condiciones favorables de temperatura y humedad.

» Los entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, se multiplican y dispersan dentro del mismo cultivo favoreciendo la acción reguladora de la población de insectos-plaga.

» Éstos permanecen en el área en insectos vivos invernantes; en sus restos o en el suelo; y pueden ser transmitidos de una generación a otra del insecto, por contaminación de los desoves e infección de las crías recién nacidas.

» Los microorganismos pueden ocasionar no sólo la muerte directa de los insectos, en este caso hormigas cortadoras, sino también la disminución de

la oviposición; viabilidad de los desoves o aumentar la sensibilidad a otros agentes de control.

- » Una vez establecido el entomopatógeno en el área, mantiene la población de la plaga por debajo de los niveles de daño económico.
- » Los entomopatógenos no contaminan el ambiente y no son tóxicos para el hombre y otros animales.
- » La aparición de resistencia en los insectos hacia los patógenos es extremadamente baja, comparada con la alta probabilidad de adquirirla, si se usaran agroquímicos.

Instrucciones de uso de la suspensión de *Beauveria bassiana*

- Agitar la solución conteniendo la suspensión de esporas de *Beauveria bassiana* antes de utilizarla.
- Preparar 500 ml. del producto en 9 litros de agua; o bien 1 litro de suspensión de *Beauveria bassiana* por cada 19 litros de agua limpia.
- Mezclar con suavidad.
- Una vez preparada la mezcla aplicar inmediatamente, en media hectárea de cultivo.
- Aplicar en los cultivos para el control de hormigas cortadoras; en aspersión con bomba de mochila o regadera, dirigida al hormiguero o mina y camino de las hormigas. También en aplicación foliar dirigida a las plantas y hojas de preferencia de las hormigas, en cualquier etapa del cultivo.

Es recomendable aplicar en horas de la mañana antes de las 10:00 o en la tarde después de las 16:00 horas, porque las elevadas temperaturas y los rayos ultravioletas pueden dañar la población del hongo.

- Evitar aplicar con otros químicos como fungicidas o insecticidas, debido a que se pueden afectar las poblaciones del hongo, así como cuidar que los recipientes empleados no hayan sido empleados con fungicidas.
- Aplicar el preparado con equipo de protección (guantes, tapa boca, anteojos, etc.).

- El producto no puede ser almacenado sino por pocos días, debido a que el hongo es un ser vivo; por ello su aplicación debe ser lo más rápida posible luego de su preparación, a fin de asegurar su eficacia.
- Utilizar para la mezcla, agua limpia con un pH entre 5,2 y 6,5; sin desinfectantes.
- Es conveniente para la germinación de las esporas del hongo, que exista humedad en el suelo, luego de la aplicación de *Beauveria bassiana*.
- El equipo de aplicación (mochila u otro), debe estar libre de residuos de insumos químicos.
- El producto tiene una vida útil de ocho (8) días después de su fecha de elaboración.
- Se debe almacenar en un lugar fresco y seco; de preferencia refrigerada, y fuera del alcance de los niños.

El hongo *B. bassiana* fue descrito por primera vez por Jean Beauverie en 1911 con el nombre de *Botrytis bassiana*. Un año más tarde, Vuillemin la clasificó en su clase actual (Echeverría, 2006). Son hongos patógenos de insectos, conocidos como hongos entomopatógenos que penetran, invaden y se multiplican dentro de los insectos. En el grupo de los patógenos de insectos, una característica particular de los hongos es que no requieren ser ingeridos por el insecto para causar la enfermedad, ya que pueden penetrar a través de su cutícula. Su crecimiento y desarrollo está limitado principalmente por condiciones medioambientales adversas, especialmente la radiación solar, la baja humedad y las altas temperaturas (Carmenza *et al.*, 2009).

A partir de 1950, la protección de varios cultivos se ha centrado principalmente en el desarrollo de plaguicidas obtenidos por síntesis orgánica. Es así que, el DDT fue el primero de ellos con el que se consiguió un control eficaz de las principales plagas. Sin embargo, los riesgos derivados de su uso indiscriminado fueron puestos en evidencia por Rachel Carson en un libro titulado “Primavera silenciosa” que tuvo un gran impacto social (Rubio y Fereres, 2005). Por otro lado, en el control de enfermedades del arroz, los primeros productos comerciales fueron antibióticos microbianos creados en Japón.

Así también, en la actualidad el hongo *B. bassiana* es usado para el control de un variado número de plagas y es la especie de entomopatógeno comercialmente más utilizada alrededor del mundo (Alves *et al.*, 2003). Además, este hongo es considerado uno de los agentes de control biológico con mejor eficacia en el sector agrícola y existen experiencias internacionales de su uso para el control exitoso de varios tipos de plagas que causan daño y grandes pérdidas en el sector (Chiribog *et al.*, 2015).

1.5. Control de *Hypothenemus hampei* con *B. bassiana*.

Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae), es la plaga más importante del café a nivel mundial (Bustillo *et al.*, 1998). Damón (2000) indicó que a pesar de los avances en la investigación con respecto a la broca, el control de la plaga depende ampliamente de la aplicación del insecticida organoclorado endosulfan, con los que se han obtenido resultados variables impredecibles. Cárdenas (2000) señaló la necesidad de la búsqueda de sustitutos de los agroquímicos, y en este sentido se ha orientado el interés hacia los insecticidas de la tercera generación y dentro de estos al grupo de mediadores químicos, que son productos naturales que intervienen en las relaciones hospedero-parásito.

Entre las medidas de control más comunes contra la broca, están la utilización de entomopatógenos (Monzón, 2001), siendo *Beauveria bassiana* el más conocido y aplicado con éxito en programas de manejo integrado de plagas, el mismo es compatible con la utilización de parasitoides (Bustillo *et al.*, 1998; Reyes *et al.*, 1995; Ibarra y Varela, 2002). Benavides *et al.* (2002) destacaron que, dentro de los controles de *H. hampei*, el cultural es el componente más importante en el manejo integrado de esta plaga, con una mayor producción de café, mayores ingresos y márgenes de contribución económica, y que otros controles son menos efectivos sin este.

Según INIA (2001), el cultivo del café satisface la demanda nacional y es un rubro de exportación equivalente a un 20% de la producción total, cuyo proceso productivo genera empleo en toda la cadena agroproductiva. A pesar de esto, Parra (2001) señala que los rendimientos promedios son bajos (apenas 6 sacos ha⁻¹), cuando un cafetal bien asistido puede producir entre 30 y 40 sacos. En Venezuela, para 1995 *H. hampei* se señaló en cafetales del estado Táchira, encontrándose luego en otras regiones del país. En mayo del año 2000, el Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA), señaló la presencia de la broca en cafetales ubicados en el sector Corajo, municipio

Boconó, del estado Trujillo; por lo que en ese mismo año, basados en referencias experimentales

de otros países y con la cautela de que la broca como sus agentes de regulación poblacional pueden tener un comportamiento diferente en nuestras condiciones ambientales, los investigadores del INIA iniciaron los estudios para su control, utilizando cepas nativas de *B. bassiana*, con el fin de evaluar el efecto parasítico del entomopatógeno sobre la broca del café y de seleccionar una cepa adaptada a las condiciones agroclimáticas de la zona.

Jaramillo *et al.*, (2015) evaluaron la virulencia en laboratorio y el efecto sobre la oviposición del insecto; los tratamientos fueron: –mezcla Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119), –*M. anisopliae* Ma9236, mezcla Cenicafé más Ma9236 y –agua (testigo). Posteriormente, se establecieron tres parcelas en un cultivo comercial de café y en cada parcela se asignaron los cuatro tratamientos en grupos de 50 árboles. Cada 20 días, durante cuatro meses, se colocaron cuatro frutos brocados sobre el suelo de los árboles y luego fueron asperjados con los tratamientos. Dieciocho días después de cada aplicación, se evaluó la infestación y la población de brocas en los frutos infestados de los árboles. En laboratorio, las cepas y mezclas causaron mortalidades sobre la broca entre el 91% y el 94% y la mezcla Cenicafé afectó la capacidad de oviposición del insecto hasta en un 87%. En campo, todos los tratamientos redujeron la infestación en los árboles entre el 18% y 47% respecto al testigo; se obtuvo máximo control con la mezcla Cenicafé más *M. anisopliae*; con porcentajes de broca inferiores al 6,6%, disminuyendo la población en los frutos infestados en un 40%. Las aplicaciones periódicas de las cepas sobre frutos del suelo controlan la broca y disminuyen la progenie en los granos infestados.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización de las áreas de experimentación.

La presente investigación se realizó en cafetales pertenecientes a 5 productores individuales de la Cooperativa de Producción Agropecuaria "10 de Octubre", perteneciente al Municipio Cumanayagua, Provincia Cienfuegos, el experimento se llevó a cabo en los meses de Mayo a Diciembre del año 2022, existiendo una humedad relativa promedio de un 85%, temperaturas promedio entre los 22 y 30 C⁰, respectivamente, con precipitaciones promedio de más de 800 mm,

las características de los cafetales en lo referido a propietarios y extensión es la que aparece en la tabla que aparece a continuación:

Tabla1. Extensión y propietarios de los cafetales donde se realizó el experimento.

Nombre del productor perteneciente a la CPA" 10 de Octubre".	Extensión del área de la Variedad Caturra bajo su explotación. (ha).
Jesús Chaviano Ruíz	8.66
Yoandry Rosado Rosado	3.07
Rigoberto Mendoza ojeda	2.98
Vienbenido Manzano Godoy	3.02
Berto Gómez de Armas	4.06

Elaboración propia.

Por otra parte la variedad de café que tenían todas las áreas seleccionadas para el estudio es la Variedad Caturra Isla 6-14, con una cobertura de sombra de un 25%, y un nivel de pendiente que oscilaba entre el 10 y 20%, respectivamente. Dentro de los árboles utilizados como sombra en estos cafetales están: *Samanea saman* (Jacq.)Merrill) (Algarroba), *Inga vera* Lin.) (Guano), *Guarda guidonia* L.(Yamagua) y *Erytrins poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook), árboles recomendados como cobertura de sombra en los cafetales de Cuba (MINGRI,2006)

2.2.Metodología para aplicación de *B. bassiana* Cepa LBB1.

Para la aplicación de *B. bassiana* Cepa LBB1 en el presente trabajo se tuvo presente que el hongo es sensible a los rayos del sol, por lo que las horas recomendadas para realizar las aplicaciones como plaguicida deben de ser las horas frescas de la mañana, días nublados o en las últimas horas de la tarde. El pH del agua debe mantenerse entre 5.5 a 7.0 y se debe hacer una aplicación que cubra toda la planta principalmente de manera foliar. También puede ser aplicado en fertirriego de acuerdo con Carmenza *et al.*, (2009), teniendo en cuenta que es necesario que el hongo tenga contacto directo con el insecto para una buena infestación (EEA, 2022).

La aplicación se realizó siguiendo la metodología propuesta en la Norma Cubana © NC 1013: 2014 Biotecnología Agrícola — Biopreparados del Entomopatógeno *Beauveria bassiana*—

Especificaciones, la cual establece:

Requisitos de empleo y aplicación

La aplicación de biopreparados del entomopatógeno *Beauveria bassiana* se llevó a cabo a una concentración de 1011-1012 conidios/ha, lo cual se logra mezclando con agua 10 L del producto/ha.

Para realizar la aplicación en el campo es necesario que la humedad del suelo sea alta, esto se logró aplicando el producto en los meses lluviosos, o sea Mayo a Junio.

Las aplicaciones de entomopatógenos se realizaron después de las 4:00 p.m., a fin de evitar pérdidas de la viabilidad de las esporas del hongo por alta radiación solar.

Se realizó una chapea manual a cada cafetal eliminando las arvenses, condición necesaria para la aplicación del producto.

Se fue riguroso en que el Biopeoductos no se mezclara con ningún plaguicida.

El hongo puede producir alergia en personas sensibles, por lo que se tomó precaución y se empleó medios de protección individuales (caretas con filtro P3 y guantes) para realizar cualquier manipulación del biopreparado.

Se realizaron aplicaciones mensuales de las cepas del hongo, desde el mes de junio hasta diciembre, la primera aplicación se efectuó en fruto verde, aproximadamente tres meses después de la floración y la última después de la cosecha, ambas como aplicaciones preventivas (para un total de seis aplicaciones), y las evaluaciones se realizaron cada 15 días (para un total de nueve evaluaciones).

2.3. Metodología para el muestreo luego de la aplicación de *B. bassiana*

El muestreo para observar la influencia de *B. bassiana* sobre *H. hampei* (Ferrari), en cafetales de la variedad Caturra Isla 6-14, se realizó siguiendo la metodología propuesta en la Norma Cubana © NC 1013, mencionada anteriormente, la cual establece que para realizar el muestreo se debe hacer de la forma siguiente:

Para medir la efectividad técnica, se realizó un muestreo previo a la aplicación. Para ello se recorrió en spispap cada cafetal, escogiendo al azar 5 puntos de muestreo. Antes de la instalación del ensayo se determinó el porcentaje de infestación por broca, para ello se tomaron de manera aleatoria, dentro del área seleccionada para el ensayo, 200 frutos, a los cuales se les determinó: porcentaje de frutos brocados y de frutos brocados parasitados por entomopatógenos, luego se procedió a realizar la primera aplicación del hongo.

Los niveles de infestación se determinaron aplicando la fórmula siguiente:

Frutos infestados por la plaga = $(\text{frutos brocados} \div \text{frutos totales} \times 100)$.

2.4. Modo de acción de *B. bassiana*.

De acuerdo con INTAGRI (2010), la *B. bassiana* es capaz de infectar a más de 200 especies de insectos. El ciclo de vida de este hongo consta de dos fases: la patogénica y la saprofítica. El desarrollo del hongo se describe a continuación:

a) Adhesión: El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora es depositada en la superficie del insecto (Arana Cuenca, 2009).

b) Germinación: El conidio o espora inicia el desarrollo de su tubo germinativo y un órgano sujetador denominado apresorio, que le permite fijarse a la superficie del insecto. Se requiere una humedad relativa del 92 % y temperatura de entre 23 a 25 °C (Pucheta *et al.*, 2006).

c) Penetración: Después de la fijación, el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas (CERTIS, 2022). Este proceso se puede dar mediante mecanismos físicos como la acción de presión sobre la superficie de contacto, y mecanismos químicos relacionados con la acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas.

d) 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 (CERTIS, 2022).

e) Muerte del insecto: El insecto muerto queda momificado y bajo condiciones de humedad, se cubre posteriormente de una esporulación blanquecina amarillenta (AE, 2014).

f) Multiplicación y crecimiento: Después de la muerte del insecto, el hongo multiplica sus unidades infectivas (hifas), creciendo y terminando por invadir los tejidos del insecto; resistiendo a la descomposición, por los antibióticos segregados por el hongo (SOLAGRO,2019).

Las cepas del hongo empleado para las aplicaciones en la presente investigación cumple con los requisitos exigidos en las Normas Cubanas para su comercialización y aplicación, los cuales aparecen en la tabla que aparece a continuación.

Tabla 2 . Requisitos de calidad de la cepa de *B. bassiana* en el presente trabajo, según el medio de cultivo utilizado para su reproducción.

Método de ensayo	Sustrato líquido
Concentración mín.	5-8 X.10 ⁷ conidios/ml
Virulencia, % mín.	85
Viabilidad, % mín.	85
Efectividad técnica, % mín.	60 (*)
Olor	Característico
Pureza	No se admiten

CAPÍTULO 3, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, aparecen reflejados los resultado de los muestreos en los cafetales seleccionados para la realización del presente trabajo, los cuales se realizaron en cinco cafetales, pertenecientes a productores miembros de la Cooperativa de Producción Agropecuaria "10 de Octubre", del Municipio Cumanayagua, Provincia Cienfuegos, en la citada Tabla 3, se pueden observar los valores expresados en por ciento de los niveles de infestación de *H.hampei* que aparecen en cada cafetal antes y después de empleado el bioproducto *B.bassiana* para su control.

Tabla 3. Resultados de la aplicación de *B. bassiana* para el control de *H. hampei* en cefetales de la Variedad Caturra Isla 6-14 en el Municipio Cumanayagua.

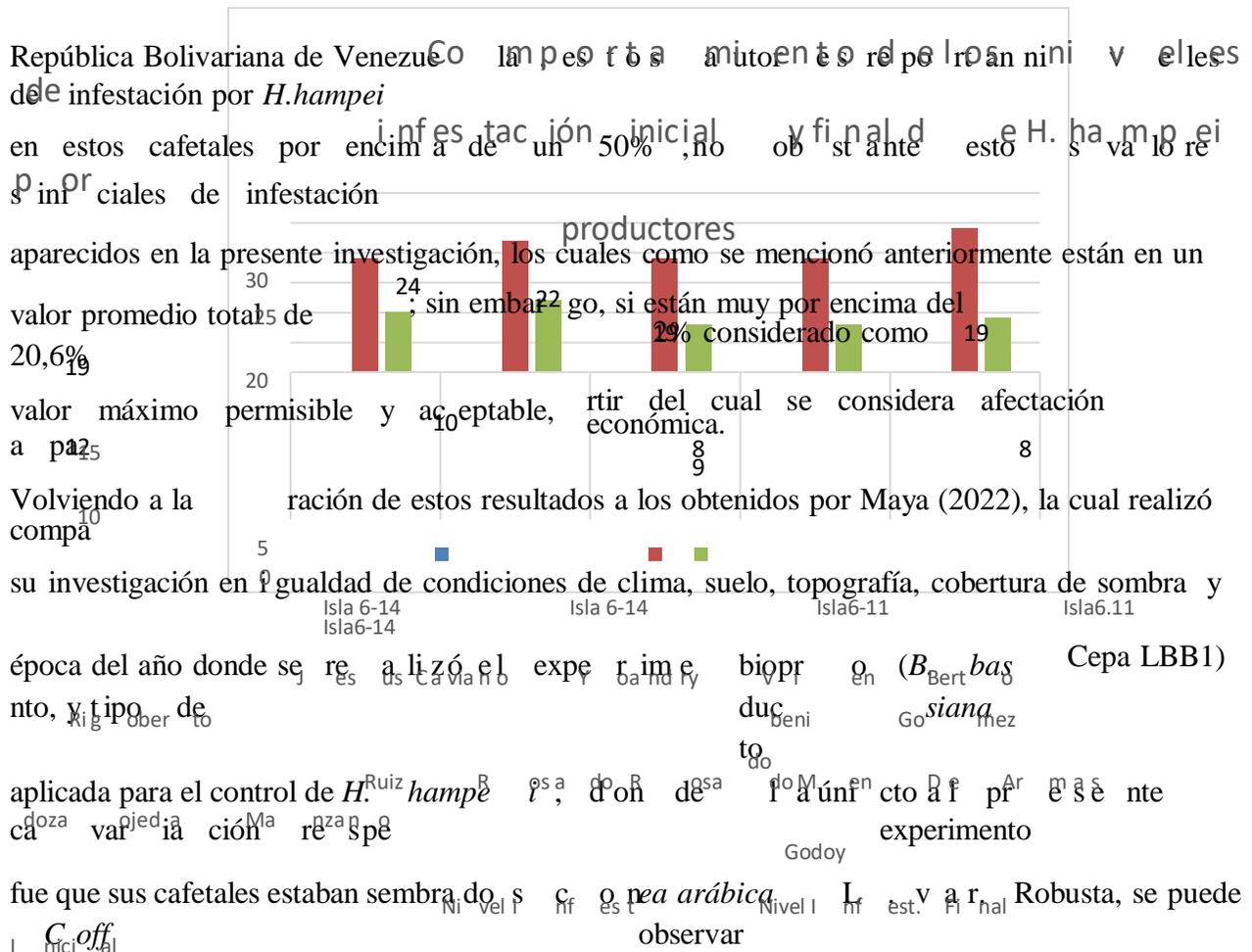
ENTIDAD del	Nombre Productor	Área (ha)	Variedad	Indice de infest. de <i>H.hampei</i> Inicial.(%)	Indice de infest. de <i>H.hampei</i> después de aplicada <i>B.bassiana</i> .(%)
CPA" 10 de Octubre".	Jesús Chaviano Ruíz	8.66 Isla	Caturra 6-14	19	10
CPA" 10 de Octubre".	Yoandry Rosado Rosado	3.07 Isla	Caturra 6-14	22	12
CPA" 10 de Octubre".	Rigoberto Mendoza ojeda	2.98 Isla	Caturra 6-14	19	8

CPA" 10 de Octubre".	Vienbenido Manzano Godoy	3.02 Isla	Caturra 6-14	19	8
CPA" 10 de Octubre".	Berto Gómez de Armas	4.06 Isla	Caturra 6-14	24	9
Promedios	-- 9,4	4.36		---	20,6
Torales					

Elaboración propia.

Comparando los valores aparecidos en la tabla anterior, los cuales se refieren a los niveles de infestacion por *H. hampei* que muestran los cafetales seleccionados para la presente investigación, antes de aplicar *B. bassiana* y después de aplicada la misma, se cumple para todos los productores aparecidos en la citada tabla anterior que los valores de infestación mostrados inicialmente son superiores a los valores que aparecen una vez que se aplica *B. bassiana*. Estos resultados, aunque difieren en los valores obtenidos entre los niveles de infestación inicial y final por *H.hampei*; sin embargo, coinciden a los obtenidos por Maya (2022), en lo referido a una disminución de esos valores de infestación inicial a los mostrados finalmente, la citada autora, al estudiar la influencia del biopreparado *B.bassiana* Cepa LBB1 en el control de *H.hampei* ,en condiciones de clima y topografía similares, y la misma época del año, que en las que se efectuó la presente investigación; pero con cafetales con la Variedad Robusta, observó que existía una disminución de los valores de infestación por *H.hampei* mostrados inicialmente respecto a los existentes al final, después que se aplica *B.bassiana*, con la misma cepa, en el control de *H.hampei*.

En la Tabla 3, se observan niveles de infestación inicial por el patógeno *H.hampei* que oscilan entre un valor máximo alcanzado por las medias de 24% y un valor mínimo de 19%, si los valores de los por ciento iniciales de infestación mostrados en los cafetales de los 5 productores en estudio, donde se llevó a cabo la investigación, se promedian, se alcanza un valor promedio total de 20,6% de infestación de *H.hampei*, de forma inicial, en todos los cafetales en estudio, estos niveles de infestación, no se consideran muy elevados si se comparan con los niveles de infestación mostrados por Montilla *et al.*,(2006), en estudios realizados en cafetales en el Estado de Trujillo,



República Bolivariana de Venezuela. En estos cafetales por encima de un 50%, no obstante esto se debe a que los productores que se mencionó anteriormente están en un valor promedio total de 20,6%; sin embargo, si están muy por encima del valor máximo permisible y aceptable, retir del cual se considera afectación económica. Volviendo a la comparación de estos resultados a los obtenidos por Maya (2022), la cual realizó su investigación en igualdad de condiciones de clima, suelo, topografía, cobertura de sombra y época del año donde se realizó el experimento, y tipo de cultivo (Cepa LBB1) aplicada para el control de *H.hampei*; donde se aplicó el biocontrol (*B.bassiana*) se fue que sus cafetales estaban sembrados con *C.off* observar que los valores promedios de las medias obtenidos por esta autora, en lo referido a los niveles de infestación inicial por *H.hampei* y los finales obtenidos cuando se realiza la aplicación de *B.bassiana* Cepa LBB1 son menores (valor inicial de infestación por *H.hampei*, 15 % y valor final de infestación de *H.hampei* después de aplicar *B.bassiana*, 7%), en el presente trabajo se obtienen valores iniciales de 20,6 % y finales de 9%, respectivamente, esto lleva a pensar la posible influencia de la variedad sobre los niveles de variabilidad observados.

En el gráfico que aparece a continuación, Gráfico 1, se puede apreciar de forma más clara lo dicho anteriormente, pero haciendo un análisis más profundo, se puede ver que los niveles de infestación más elevados por *H.hampei* se encuentran en las áreas de los cafetales del productor Berto Gómez de Armas, con un 24% y los más bajos tienen iguales valores para el resto de los productores, con un 19%, para todos los productores, se cumple que cuando se hace la aplicación de *B.bassiana* se produce una reducción en aproximadamente la mitad de los niveles de infestación por *H.hampei*.

Gráfico 1. Comportamiento de los niveles de infestación inicial y final de *H.hampei* por productores.

Elaboración propia

En el Gráfico anterior, se puede observar que los niveles de infestación por *H.hampei* después de ser aplicada *B.bassiana* muestra el comportamiento siguiente: cafetales de Jesús Chavismo Ruíz, disminuye el grado de infestación a un 10%, cafetales de Yoandry Rosado Rosado, disminuye el grado de infestación a un 12%, cafetales de Rigoberto Mendoza Ojeda, disminuye el grado de infestación a un 8%, cafetales de Bienvenido Manzano Godoy, disminuye el grado de infestación a un 8% y cafetales de Berto Gómez de Armas, disminuye el grado de infestación a un 9%, al observar los valores anteriores, y establecer una relación entre los mimos y el nivel de influencia logrado por *B.bassiana* en el control de *H.hampei*, se puede observar, que en el caso de los cafetales de los productores Rigoberto Mendoza Ojeda y Bienvenido Manzano Godoy, se alcanzan los menores valores de presencia de *H.hampei* después de ser aplicada *B.bassiana* para su control, alcanzando en ambos casos, el mismo valor, un 8%, en el resto de los cafetales, cuando se realiza esta misma comparación se puede observar que los valores logrados están por encima de un 8%, estos resultados difieren de los obtenidos por Montilla *et al.*, (2006) quienes al aplicar diferentes cepas de *B.bassiana* en el control de *H.hampei*, en cafetales de la República Bolivariana de Venezuela obtuvieron que después de las aplicaciones el nivel de la infestación nunca excedió el 5%, demostrando que las aplicaciones tempranas de cepas de *B. bassiana* ejercen un cierto efecto regulador y permanente en el tiempo, a pesar de que su acción se reduzca al final del ciclo, cuando están presentes mayor cantidad de frutos maduros y coincide con el tiempo de cosecha. Estos mismos autores plantean que para el 2004, se observó una respuesta más homogénea de la

infestación frente a las cepas, no observándose una diferenciación que permita realizar un contraste, aunque los valores expresados generalmente fueron más bajos, el efecto biocida fue más marcado que el año pasado; evidenciado porque los porcentajes promedios de infestación con broca se mantienen por debajo del 4%.

En este sentido Bustillo *et al*, (1998) señalaron que, la efectividad de *B. bassiana* es afectada en parte por temperatura y humedad en el macroclima, y que condiciones de microclima, luz solar y la actividad biológica de otros organismos pueden afectar la habilidad del hongo para sobrevivir e iniciar infestaciones. Esto puede justificar las diferencias mostradas entre los valores obtenidos por Montilla *et al.*,(2006) y los obtenidos en la presente investigación, hay que tener presente que aunque los niveles de humedad en los cafetales donde se realizó el presente estudio son elevados, la Humedad Relativa está por encima del 85 %, y la época donde se realizó la investigación garantizó altos niveles de precipitaciones, contribuyendo a garantizar una elevada humedad de forma general, condición propicia para el buen desarrollo del hongo; sin embargo, las temperaturas promedios en esta región están por debajo de la media del resto del país para esta época del año, entre los 22 y 28 grados Celsius, lo cual está un poco fuera del rango de temperaturas óptimas que requiere el hongo para su establecimiento y desarrollo, lo que puede haber influido en que su nivel de efectividad en el control de *H.hampei*, esté en la mayoría de los cafetales por encima del 8%.

Si los resultados obtenidos en el presente trabajo se comparan con los obtenidos por Maya (2022), la cual como se dijo con anterioridad trabajó en igualdad de condiciones a las que estaban presente en el presente experimento, y realizó la misma aplicación de *B.bassiana*, con la misma cepa, para el control de *H.hampei*; pero en una variedad de café diferente, se puede observar que los valores finales obtenidos en el presente trabajo, en lo referido al comportamiento del patógeno *H.hampei* después de recibir las aplicaciones de *B.bassiana*, con igual cepa, son superiores a los obtenidos por la referida autora, en este trabajo se obtienen un valor promedio de 9,4 %, contra un 7% obtenido en la investigación de dicha autora, por lo que una vez más se puede inferir que debe existir alguna relación entre la variedad de café, los niveles de afectación iniciales que provoca la plaga *H.hampei* sobre la Variedad y los niveles finales de afectación que este mismo patógeno muestra una vez que es aplicada *B.bassiana* para su control en la variedad que está presente.

Para buscar veracidad en los resultados y en la comparación de los mismos, se realizó una prueba de Comparación Múltiple de las medias de diferentes factores (Tabla 4), una prueba de

homogeneidad de los grupos, para poder establecer si existían diferencias entre las medias de los factores comparados (Tabla 5), en esta última tabla, se puede observar que entre las medias del factor áreas sembradas con la variedad Caturra Isla 6-11 no existen diferencias significativas y si entre estas medias y las de los niveles iniciales y finales que mostraba el patógeno *H.hampei* en estas áreas, siendo el valor de las medias mostradas por los niveles iniciales de *H.hampei* el más alto respecto a áreas cafetaleras y niveles finales de *H.hampei*, también existe diferencias significativas entre las medias de los niveles iniciales aparecidos de *H.hampei* y lo que existieron al final, esto deja bien claro que hubo efectividad a la hora de emplear *B.bassiana* para el control de la plaga *H.hampei* en las áreas cafetaleras en estudio.

Tabla 4. Prueba LSD para comparación de las medias de varios factores en la presente investigación.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Differenc</i>	<i>e</i>	<i>Limits</i>	<i>+/-</i>
Área cultivada - Nivel final Infest.(%)	*		-5,042		2,73016
Área cultivada - Nivel Inicial infest.(%)	*		-16,242		2,73016
Área cultivada - Productor				1,358	2,73016
Nivel final Infest.(%) - Nivel Inicial infest.(%)	*		-11,2		2,73016
Nivel final Infest.(%) - Productor	*		6,4		2,73016
Nivel Inicial infest.(%) - Productor	*		17,6		2,73016
E.S \pm 0.09232					
C.V= 4.146 %					

* denota diferencias significativas. Según prueba LSD para un 95, % de confianza.

Tabla 5. Prueba de homogeneidad entre las medias de los grupos comparados.

Multiple Range Tests

Method: 95,0 percent LSD

	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
Productor		5	3,0 A
Área cultivada		5	4,358 A
Nivel final Infest.(%)	5		9,4 B
Nivel Inicial infest.(%)	5		20,6 C

Según prueba LSD para un 95,% de confianza

Si se observan los valores de las medias de los niveles iniciales y finales de infestación por *H.hampei* por productor, ver Tabla 4, se aprecia que el nivel inicial de infestación de *H.hampei* por productor muestra un valor de 17,2 %, por un 6,4 % de infestación mostrado por *H.hampei* después de ser aplicada la *B.bassiana* para su control, por lo que hay una reducción en más de la mitad de los individuos de *H.hampei*, una vez que se aplica *B.bassiana* para su control, estos resultados coinciden con los obtenidos por Jaramillo *et al.*, (2015), los cuales al aplicar las cepas *M. anisopliae* Ma9236 y Mezcla Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119) de *B.bassiana* para el control de *H.hampei*, obtuvieron reducción de los por cientos iniciales de infestación hasta aproximadamente la mitad de los valores finales de infestación mostrados por *H.hampei* una vez que se aplicó *B.bassiana*.

Si los resultados obtenidos en el presente trabajo, en lo referido a reducción de los niveles de infestación de *H.hampei*, después de ser aplicada *B.bassiana* se traducen a eficiencia de *B.bassiana* en el control de *H.hampei*, entonces se puede afirmar que se logra una eficiencia de más del 50% , este nivel de eficiencia alcanzado en el presente trabajo confirman los hallazgos de Vera *et al.*,(2011) con respecto a los estados biológicos en evaluaciones realizadas en las estaciones experimentales Paraguaicito y Naranjal, puesto que las aplicaciones de hongos al suelo causaron disminución en la siguiente generación de brocas que infestaron nuevos frutos en las ramas de los árboles: esta disminución fue más efectiva para la mezcla de cepas de *B. bassiana* Cenicafé y estuvo entre el 55 y el 75% en las condiciones de campo evaluadas. Estos resultados también concuerdan con los obtenidos por Maya (2022), la cual obtuvo una reducción en aproximadamente la mitad del patógeno al aplicar *B. bassiana*, con la misma cepa, y en igualdad de condiciones experimentales, respecto a la presente investigación, pero con la diferencia que su trabajo se realizó utilizando áreas sembradas con la variedad de café Robusta.

3.1. Valoración económica de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Si se realiza un análisis muy elemental, considerando la relación: área cultivada, nivel inicial de infestación con el patógeno *H.hampei* y rendimiento por área en producción, tomando como material de estudio el área cafetalera perteneciente a la productor Jesús Chaviano Ruíz, la cual tiene una superficie de cultivo, destinada a la Variedad Caturra Isla 6-11, ascendente a 8.66 ha, y suponiendo que el mismo logre buenos rendimientos, y alcance el rendimiento de 100 a 90 qq/ha, dicha productor debe alcanzar con la superficie que hoy tiene en explotación para el cultivo de la Variedad Caturra Isla 6-11, aproximadamente un rendimiento de 866 a 779,4 qq/ha, ahora si se añade que los niveles de infestación por el patógeno *H.hampei* que muestran inicialmente sus áreas es de un valor de 19 %,y asumiendo que según estudios realizados, los niveles de infestación de *H.hampei* pueden influir en pérdidas de la mitad, o más de la mitad de los rendimientos de un área, aplicando la relación del nivel de afectación que provoca el ataque del insecto, solamente hasta la mitad del rendimiento, esto implica que si se plantea la siguiente regla de tres:

$$\begin{array}{l} 8,66 \text{ ha} \text{-----} 100 \% \\ X \text{-----} 19 \% \end{array}$$

Si se despeja x se obtiene un valor de 1,64 ha, este valor implica la cantidad de superficie en áreas infestadas por *H. hampei* del total de 8,66 ha que dispone el productor Jesús Chaviano Ruíz, si se sigue aplicando una elemental regla de tres y se plantea que:

$$\begin{array}{l} 1,64 \text{ ha} \text{-----} 100 \% \\ X \text{-----} 50\% \end{array}$$

Despejando la x se obtendrá como resultado que 0,82 ha de un total de 8,66 ha del ya citado productor, están afectadas y son el resultado de ese 19% de infestación inicial por *H. hampei*, todo esto, partiendo de como que los daños que causa el patógeno a los rendimientos del café están considerados en base a una afectación del 50% de los rendimientos por unidad de superficie cultivada.

Por último, y aplicando una nueva regla de tres:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ha} \text{-----} 100 \text{ qq} \\ 0,82 \text{ ha} \text{-----} x \end{array}$$

Despejando nuevamente x se obtendrá un valor de 82 qq, esto quiere decir que esta es la afectación que tendrían los rendimientos en 8,66 ha de este productor, con un nivel de afectación inicial de 19 % del total de área cultivada con la variedad Caturra Isla 6-11 por la incidencia de el patógeno *H.hampei* y considerando que el nivel de afectación producido por el patógeno en los rendimientos del área sea de un 50%. O sea que de un posible rendimiento de 866 qq/ha que se pudiera alcanzar en una superficie de 8,66 ha de dicho productor, partiendo que el rendimiento sea considerado en base a 100 qq/ha; entonces si se le resta los 23 qq obtenidos, se obtendrá un rendimiento final de 77qq/ha, eso quiere decir que esos 82 qq equivalen a pérdidas en los rendimientos . Está pérdida por supuesto se traduce a afectación en la economía familiar y la del país. Si este mismo procedimiento se realiza pero para un 10 % de afectación final por presencia de *H.hampei*, después de haber aplicada *B.bassiana* en la misma superficie total del ya mencionado productor, se obtendrá un resultado final de 43qq, esto quiere decir que luego de aplicar *B.bassiana* para el control de *H.hampei*, en esta área bajo la producción de la variedad Caturra Isla 6-11, se logra una reducción a un 10 % final de afectación en los rendimientos de un 19% de afectación inicial que había en esta área cultivada, en otras palabras se logran recuperar 39qq de café por la disminución del nivel de afectación del patógeno en esta misma área, eso se traduce en aumento de ganancias en los rendimientos del área, en la economía familiar y en general en la economía del país.

Si todo el anterior procedimiento se aplica a todos los productores y se lleva a una tabla , entonces se tendrá:

Tabla 7. Distribución de los rendimientos por área de superficie de cada productor, niveles de presencia de *H. hampei* antes y después de aplicar *B. bassiana*.

Nombre del productor	Extensión de el área de la Variedad Robusta	Rendimiento de la variedad en base a:	Nivel Inicial de <i>H.hampei</i> (%)	Pérdidas en Rendimiento en base al nivel	Nivel Final de <i>H.hampei</i> (%)	Pérdidas en el Rendimiento en base al nivel final de
----------------------	---	---------------------------------------	--------------------------------------	--	------------------------------------	--

	bajo su cuidado (ha)			Inicial de H.hampei(qq)		H.hampei(q q)
Jesús Chaviano Ruíz	8.66 10	100qq 43	19		82	
Yoandry Rosado Rosado	3.07 12	100qq 18	22		33	
Rigoberto Mendoza ojeda	2.98 8	100qq 12	19		28	
Vienbenido Manzano	3.02 8	100qq 12	19		29	
Godoy						
Berto Gómez de Armas	4.06 9	100qq 18	24		49	

PromedioT **4.36**
otal. **9,4**

20.6

20,6

44,2

Elaboración propia.

Si solamente se toma el promedio total aparecido en la tabla anterior, específicamente el de los rendimientos, y asumiendo que todos los valores aparecidos de los mismos por unidad de superficie de área cultivada de la variedad CaturraIsla6-11 de cada productor se han tomado en base a un rendimiento de 100 qq/ha, y que la superficie total de todos los productores está en un promedio de 4,36 ha, y si se asume que el nivel de pérdidas en rendimiento promedio inicial total

en estas 4,36 ha, es 44,2 qq bajo un promedio inicial de infestación por *H.hampei* de un 20,6 % y luego de aplicar *B.bassiana* en el área de superficie total promedio (4,36 ha), se produce una disminución de los niveles de infestación de *H.hampei* hasta el 20,6 %, provocando una recuperación de unos 23,6 qq de café, como se dijo anteriormente este último valor produciría un aumento de las ganancias por productor por concepto de aumento de los rendimientos al disminuir los niveles de infestación de *H.hampei*.

CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas entre las medias de los niveles de infestación de *H. hampei* antes y después de aplicar *B. bassiana* Cepa LBB1 para su control, siendo los valores de las medias de los niveles de infestación de *H. hampei* después de aplicar *B. bassiana* Cepa LBB1 menores que los que aparecen antes de ser aplicada.

El nivel de eficiencia que manifiesta *B. bassiana* Cepa LBB1 en el control de la plaga *H. hampei*, en los cafetales de la Variedad Caturra Isla 6-11 en estudio, está por encima del 50 % de efectividad.

Asumiendo un rendimiento de 100 qq/ha, en un área promedio total de 4,36 ha de *Coffea arabica* L.var. Caturra Isla 6-11, cuando se reducen los niveles de infestación de *H. hampei*, de un valor promedio inicial de un 20,6% a un valor final promedio de 9,4%, se produce una recuperación de 23,6 qq después de ser aplicada *B. bassiana* Cepa LBB1 para el control de *H. hampei*.

RECOMENDACIÓN

Continuar el presente estudio en otras variedades de *Coffea arábica* L.

Aplicar *B. bassiana* Cepa LBB1 para el control de *H. hampei* en variedades Caturra Isla 6-11 en cafetales de esta región.

BIBLIOGRAFÍA

[ANACAFÉ] Asociación Nacional del Café. 1978. Informe de Actividades. División de Asuntos Agrícolas. Guatemala, 96 p.

AE. (2014). Beauveria Bassiana. AGROES.
Obtenido de
<https://www.agroes.es/agricultura/control-de-plagas/enfermedades/bioproductos-eco-para-plagas/1093-Beauveria-bassiana>.

Antia, O. R.; Podada, E. F. J.; Bustillo, A. E.; González, M. T. (1992). Producción en finca del hongo Beauveria bassiana para el control de la broca del café. Cenicafé, Avances técnicos N° 182, 12 p

Arana Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Scielo.
Obtenido de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007

Aristizábal, L. F.; Baker, P. S.; Orozco, J.; Chávez, B. (1997). Parasitismo de *Cephalonomiastephanoderis* Betrem sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con niveles bajos de infestación en campo. Revista Colombiana de Entomología 23 (3-4):157-164.

Aristizábal, L. F.; Bustillo, A. E.; Orozco, J.; Cháves, B. (1998b). Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae) sobre las poblaciones de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) durante y después de la cosecha. Revista Colombiana de Entomología 24 (3-4): 149-155.

Aristizábal, L. F.; Bustillo, A. E.; Baker, P. S.; Orozco, J.; Cháves, B. (1998a). Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae) sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Revista Colombiana de Entomología 24 (1-2): 35-42.

Bacca, R. T. (1999). Efecto del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethylidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Tesis: Maestría en Ciencias Agrarias. Santafé de Bogotá. 186 p.

Badii, M. H; Abreu, J.L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience* 1(1):82-89.

Baker, P. S. (1984). Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 62: 9-24.

Baker, P. S. (1984). Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern México (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 62: 9-24.

Baker, P. S; Barrera, J. F; Rivas, A. (1992a). Life history studies of the coffee berry borer

(*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of Applied*

Ecology 29: 656-662.

Baker, P.S. (1999). La broca del café en Colombia. DFID, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CABIBioscience. 146 p.

Barrera, J.F.; F. Infante, W; de la Rosa, A. Castillo; & J. Gómez. (2000). Control biológico de la broca del café. En: M.H. Badii, A.E. Flores & L.J. Galán Wong (eds.), *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL, México, p. 211-229.

Benavidez M., P. (2012). El repase: Actividad para el manejo de la broca del café en Colombia. *Brocarta* N° 46. Cenicafe, Chinchiná, Colombia. 1 p.

Benavidez, P. (2005a). Aspectos genéticos de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. En: *Memorias XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)*.

Ibagué, Julio

27-29. p. 23-26.

Benavidez, P. (2005b). Distribución global de la broca del café: la versión molecular. En: *Memorias XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)*.

Ibagué, Julio

27-29. p. 7-11.

Benavidez, P.; Vega, F. E.; Romero-Severson, J.; Bustillo, A. E.; Stuart, J. (2005). Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Annals Entomological Society of América* 98 (3): 359-366.

Benavidez, P; Bustillo, A. E; Montoys, E. C. (1994). Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología 20 (4): 247-253.

Bergamin, J. (1943). Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café

Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). Arquivos do Instituto Biologico, São Paulo. 14: 31-72.

Borbón, O. (2001). Situación actual de la broca del fruto del cafeto en Costa Rica (*Hypothenemus hampei* Ferr.) Julio, 2001.

Borbón, O. (2005). Experiencias sobre el Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, p. 58-61. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de La Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

Brun, L. O.; Stuart, J.; Gaudichon, V.; Aronstein, K.; Ffrench-Constant, R. H. (1995). Functional haplodiploidy: a mechanism for the spread of insecticide resistance in an important international insect pest. Proceedings National Academy of Sciences, U. S. A. 92:9861-9865.

Bustillo, A, E; Orozco J; Benavidez, P; Portilla, M. (1996). Producción masiva y uso de parasitoides para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Revista Cenicafé 47 (4): 215-230.

Bustillo, A. E. (1991). Perspectivas de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen), Medellín, Colombia. Miscelánea No. 18 p. 106-118.

Bustillo, A. E; Cárdenas R; Villalba, D; Benavidez, P; Orozco, J; Posada F. (1998). Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 134 p.

Bustillo, A. E; Marín, P. (2000). ¿Cómo reactivar la virulencia de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café?. Hoja Técnica No. 40. Catie. Revista Manejo Integrado de Plagas, No. 63. p. i– iv.

Bustillo, A., R; Cárdenas D; Villalba, P; Benavides, J; Orozco; y F. Posada.(1998). Manejo integrado de la broca del café (*Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. CENICAFE, Chinchiná, Colombia. 133 p.

Bustillo, A.(2006).Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei*(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia.Revista Colombiana de Entomología.Print version ISSN

0120-0488On-line version ISSN 2665-4385.Rev. Colomb. Entomol. vol.32 no.2 Bogotá July/Dec. 2006.

Cárdenas, M. (2000). Trampas atrayentes para el monitoreo de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: Simposio latinoamericano de caficultores, 19. San José (Costa Rica), Octubre2-6. Memorias. ICAFE-PROMECAFE. 369-379.

Carmenza, G. B; Marín, P; Benavides, P. (2009). Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico. Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/346/1/avt0384.pdf>

Carmenza, G; Marín,B;Benavides. (2009). Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico. Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/346/1/avt0384.pdf>.

Castaño S., A.; Benavidez, M., P.; Baker, P. S. (2005). Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados. Revista Cenicafé (Colombia) 56 (2): 142-150.

CERTIS. (2022). *Beauveria bassiana*: Todo lo que necesitas saber. Actualidad agrícola. Chiriboga,

H; Gómez, G; Garcés, K. (2015). *Beauveria bassiana*, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Chiriboga, H; Gómez, Graciela; y Garcés, Karla. (2015). PROTOCOLOS PARA FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DEL BIO-INSUMO: *BEAUVERIA BASSIANA*, HONGO ENTOMOPATÓGENO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE HORMIGAS CORTADORAS (YSAÚ). IICA. Paraguay.

CNSV (Centro Nacional de Sanidad Vegetal. (2010). Programa de Defensa de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari. MINAGRI. La Habana, Cuba, 23 p.

Constantino, L. M. (2010). La broca del café... un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitud. Brocarta N° 39. Cenicafé, Chinchiná, Colombia, 2 p.

Corbett, G. H. (1933). Some preliminary observations on the coffee berry beetle borer

Stephanoderes (*Cryphalus*) *hampei* Ferr. Malayan Agricultural Journal (Malaya) 21 (1): 8-22. Cruz,

E.N y Malo, EA. (2013). Chemical analysis of coffee berry volatiles that elicit an antennal response from the coffee berryborer *Hypothenemus hampei*. Journal of the Mexican Chemical Society, 57(4): 321-327.

Damón, A. (2000). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research, 90 (6): 453-465.

Decazy, B. (1990a). Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). p. 133-139. En: 50 años de Cenicafé 1938-1988, Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Colombia. 255 p.

Dufour, B; J.F. Barrera; B. Decazy. (1999). La broca de los frutos del cafeto: ¿La lucha biológica como solución? En: Desafíos de la caficultura en Centroamérica. B. Bertrand & B. Rapidel (eds.). San José, Costa Rica. CIRAD, IICA, p. 293-325.

Echeverría, F. (2006). Caracterización biológica y molecular de aislamientos del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) y Centro de Investigaciones en Café (CICAFE), Cartago. Obtenido

de

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/463/Trabajo%20Final%20de%20Graduacion%20Biblioteca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Echeverry, O. A. (1999). Determinación del impacto de *Phymastichus coffea* La Salle

(Hymenoptera: Eulophidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari)

(Coleoptera: Scolytidae), en la zona cafetera. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de

Ciencias Agropecuarias, Tesis Ingeniero Agrónomo. Palmira. 113 p.

EEA. (2022). Cómo usar *Beauveria bassiana* para el control biológico de plagas. Esto es agricultura. Obtenido de <https://estoesagricultura.com/uso-beauveria-bassianacontrol-biologico-de-plagas>.

Fernández, M. N. (2002). «Scaramuza Pandini: una personalidad en la historia de la sanidad vegetal», *Fitosanidad* 6(2):51-61, Cuba.

Gaviria, A. H; Cárdenas, R; Montoya, E. C; Madrigal, A. (1995). Incremento poblacional de la broca del café *Hypothenemus hampei* relacionado con el desarrollo del fruto del cafeto. *Revista Colombiana de Entomología* 21 (3): 145-151.

Gurharay, A. (2001). Manual Manejo de la Broca en los Cafetos. CATIE Turrialba, Costa Rica. 27pág

Ibarra, A; y A. Varela. (2002). Aislamiento, identificación y caracterización de hongos como agentes potenciales de control biológico en algunas regiones colombianas. *Revista Colombiana de Entomología*, 28 (2):129-137.

ICAFFE-PROMECAFFE. (2001). I Seminario latinoamericano sobre la broca: memorias.1ed.. Editorama, S.A. San José, Costa Rica. 51 pág.:

Infante, F. (2018). Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(21): 5275-5280.

INISAV (Instituto Nacional de Sanidad Vegetal. (2008). Programa de Defensa de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari).MINAGRI. Dirección Nacional de café y cacao, La Habana, Cuba, 16 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). (2001). Tecnologías al servicio del agro venezolano. 40 años de investigación agrícola 1961-2001. Compilado. Publicación especial N° 1. Maracay, Venezuela. 120 p.

INTAGRI.(2010). *Beauveria bassiana* en el Control Biológico de Patógenos. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-controlbiologico-de-patogenos>.

JARAMILLO, J; Esther, C. Montoya; P, Benavides; y Carmen, E. Góngora(2015).*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de broca del café en frutos del suelo. *Revista Colombiana de Entomología* 41 (1): 95-104 (Enero - Junio 2015).

Lara, J.C; López, J. C; Alex, E; Bustillo, P. (2004). Efecto de entomonemátodos sobrepoblaciones de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en frutos en el suelo. *Revista Colombiana de Entomología* 30 (2): 179 –185.

Le Pelley, R. H. (1968). *Pests of coffee*. Longmans, Green and Co. Ltd., London. 590 p.

López -vaamonde, C; Baker, P. S; Cock, M, W; Orozco, J. (1997). Dossier on *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), a potential biological control agent for *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Colombia. CABI, IIBC, Ascot, UK & Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 23 p.

Maya, Adairis. (2022). Influencia de *Beauveria bassiana* en el control de la plaga *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en cafetales de la variedad Robusta. Tesis en Opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Centro Universitario Municipal " Julio Antonio Mella" de Trinidad. Universidad" José Martí Pérez" de Sancti Spiritus Municipio Trinidad. Provincia Sancti Spiritus. Cuba. 2023.

Miguel, A. E.; Paulini, A. E. (1975). Velocidade de penetração da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no fruto do café. En: Congresso Brasileiro de pesquisas Cafeeiras, 3. Resumos. Curitiba, 18-21. Novembro 1975. Rio de Janeiro, IBC, p. 50-52.

MINAGRI. (2006). Ministerio de la Agricultura de Cuba. Instructivo técnico del café, cacao y forestales en las zonas montañosas. Comisión Nacional del Plan Turquino. Folleto. 57 p

Montilla, R; Camacho, B; Quintero, A; y Gloria Cardozo. (2006). PARASITISMO POR *Beauveria bassiana* SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ, EN EL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA. *Revista Agronomía Tropical*. *Agronomía Trop.* v.56 n.2 Maracay jun. 2006.

Montoya, S; Cárdenas, R. (1994). Biología de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de café de diferentes edades. *Revista Cenicafé* 45: 5-13.

Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo Integrado de Plagas.

Moreno, V; D.; Bustillo, P. A. E.; Benavidez, M., P.; Montoyw, E. C. (2001). Escape y mortalidad de *Hypothenemus hampei* en los procesos de recolección y beneficio del café en Colombia. Revista Cenicafé (Colombia) 52 (2): 111-116.

Muñoz, R. (1989). Ciclo biológico y reproducción partenogenética del cafeto, *Hypothenemushampe* (Ferr.). Turrialba 39 (3): 415-421.

Oozco, J; Aristizábal, L. F. (1996). Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Cenicafé. Avances Técnicos No. 223. 4 p.

Orozco, J. (1995). Uso de parasitoides de origen africano para el control de la broca en Colombia. Memorias XXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Bogotá, julio 26-28, p. 102-108.

Orozco, J. (2002). Guía para la producción del parasitoide *Phymastichus coffea* para el control de la broca del café. CFC -Cenicafé-Cabi Commodities, ICO, 19 p.

Orozco, J. (2002). Guía para la producción del parasitoide *Phymastichus coffea* para el control de la broca del café. CFC -Cenicafé-Cabi Commodities, ICO, 19 p.

Orozco, J; Aristizábal, L. F. (1996). Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Cenicafé. Avances Técnicos No. 223. 4 p.

Ovies, J. (2003). La Sanidad Vegetal en el contexto del sector agrario cubano. V Encuentro de Agricultura Orgánica. 9 pp.

Patra, R. (200). El Café... Cultivo histórico. Agrotécnico. Revista de la División de Extensión

Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. 14:24-26.

Porrilla, M; Bustillo, A. E. (1995). Nuevas investigaciones en la cría masiva de *Hypothenemus hampei* y de sus parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. Revista Colombiana de Entomología 21 (1): 25-33.

Posada R, F. J; Bustollo R, A. E. (1994). El hongo *Beauveria bassiana* y su impacto en la caficultura colombiana. Agricultura Tropical (Colombia) 31 (3): 97-94.

Pucheta, D; Flores, A;Rodríguez ; De La Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia, 856-860.

Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901204.pdf>.

Quintero, C; Budtillo, A. E; Benavidez, P; Chávez, B. (1998). Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 24(3-4): 141-147.

Ramírez, G; y Mora, M. (2001). Boletín informativo: la broca del fruto del café nos amenaza. ICAFE. San José, Costa Rica Sibaja, G y Jiménez, M. 1989. La broca del café. MAG. San José, Costa Rica 16pág

Reyea, I; A. Bustillo y B. Chávez. (1995). Efecto de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el parasitoide de la broca del café *Cephalonomia stephanoderis*. Revista Colombiana de Entomología. 29(4):199-204.

Rodríguez, D; Cure, J. R ; Gutiérrez, A.P;y Cotes, J.M. (2017). A coffee agroecosystem model: III. Parasitoids of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). Ecological Modelling, 363: 96-110.

Rodríguez, M. (2004). El Café. Recopilación de bibliográfica para el apoyo a la docencia. Centro Universitario de Sancti Spiritus. Departamento de Agropecuaria. Sancti Spiritus.

Rojas, M. (2007). Estrategias y acciones ante la Broca del Café en Costa Rica. Programa de

Entomología, Centro de Investigaciones en Café (CICAPE), Instituto del Café de Costa Rica

(Icafe). Apartado postal 131-3009, Heredia, Costa Rica. mrojas@icafe.go.cr .

Rubio, V; Fereres, A. (2005). Control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos. Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA-CSIC), Dpto. Protección Vegeta.

Ruiz, L; Bustillo, A. E; Posada, F. J; González. M. T. (1996). Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* en dos dietas merídicas. *Revista Cenicafé* 47 (2): 77-84.

Ruiz, R. (1996). Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tesis: Ingeniero Agrónomo. Manizales, Colombia. 87 p.

Salazar, H. M; Baker, P. S. (2002). Impacto de liberaciones de *Cephalonomia stephanoderis* sobre poblaciones de *Hypothenemus hampei*. *Revista Cenicafé* 53 (4): 306-316.

Sibaja, G; y Jiménez, M. (1989). La broca del café. MAG. San José, Costa Rica 16pág SOLAGRO. (2019). *Beauveria bassiana*, ¿cómo actúa frente a plagas? Soluciones Agrosostenibles, Perú. Santaflow de bloody beso guido 8 qué te pasó te saludo ppp

Ticheler, J. H. G. (1963). Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café, *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil (Traducción G. Quiceno). *Revista Cenicafé* 14 (4): 223-294.

Valdés, D; Ramírez, R; Chaviano, M; Bautista, I; Duarte, AC.(2016).Efecto de *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la broca del café en la zona del Algarrobo, Trinidad, *Revista Centro Agrícola*. Ctro. Agr. vol.43 no.1 Santa Clara ene.-mar. 2016

Vázquez, L.; R. García y E. Peña. (2005). Observaciones sobre la presencia de Broca del Café (*H. hampei*) en los frutos que caen al suelo. *Fitosanidad*, 9(2): 47-48.

Vega, F y Fernández, O. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p. 96 - 100, 2001.

Vélez, M. (2002). Hormigas y su papel en el control biológico de la broca del café. En: Memorias Curso Internacional Teórico-Práctico. Sección II. Parasitoides y otros enemigos de la broca del café. *Cenicafé*, Chinchiná, marzo 18 al 22 del 2002. p. 15-23.

Vera, J. T.; Montoyw, E. C.; Benavides M., P.; Góngora, C. E. (2011). Evaluation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as a control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*

(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) emerging from fallen, infested coffee berries on the ground, *Biocontrol Science and Technology* 21 (1): 1-14.

Vergara, J. D; Orozco, J; Bustillo, A. E; Chávez, B. (2001a). Biología de *Phymastichus coffea* en condiciones de campo. *Revista Cenicafé* 52 (2): 97-103.

Vergars, J. D; Orozco, J; Bustillo, A. E; Chávez, B. (2001b). Dispersión de *Phymastichus coffea* en un lote de café infestado de *Hypothenemus hampei*. *Revista Cenicafé* 52 (2): 104-110.