



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROFORESTAL

“EFECTIVIDAD DE MANEJO CONVENCIONAL Y ECOLÓGICO DE
LA BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*)”

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:
Bachiller en Ingeniería Agroforestal

Presentado por:

Mariela de los Ángeles Rivera Vilca (0000-0002-3592-5842)

Homar Rómulo Díaz Osorio (0000-0003-4773-7109)

Asesor:

Daniel Encarnación Bocanegra (0000-0002-7738-8088)

Lima – Perú

2020

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Nº 005-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA-2020 PARA OBTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERIA AGROFORESTAL DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Lima, 11 de diciembre del 2020

Los miembros revisores estuvieron presentes para la evaluación del trabajo de investigación titulado:

**“EFECTIVIDAD DE MANEJO CONVENCIONAL Y ECOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ
(*Hypothenemus hampei*)”**

Presentado por el estudiante:

- Mariela de los Ángeles Rivera Vilca
- Homar Rómulo Díaz Osorio

Asesorado por:

- Mg. Daniel Encarnación Chávez Bocanegra

Revisado por:

- Mg.Sc. José Guillermo Giacomotti Tuezta
- Mg. Hector Velasquez Alcantara

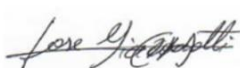
Luego de haber evaluado el trabajo de investigación y desempeño de los estudiantes en la sustentación, se da por:

- Aprobado (X)
- Desaprobado ()

Se firma la presente acta en señal de conformidad.



**Mg. Daniel Encarnación Chávez
Bocanegra**
Asesor de trabajo de Investigación



**Mg.Sc. José Guillermo Giacomotti
Tuezta**
Revisor 1



Mg. Hector Velasquez Alcantara
Revisor 2

INDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	5
METODOLOGÍA.....	7
RESULTADOS.....	7
DISCUSIONES	25
CONCLUSIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

RESUMEN

El café es el producto más comercializado en todo el mundo y representa la principal fuente de ingresos de familias productoras. Sin embargo, el cultivo de café es afectado por la broca *Hypothenemus hampei*, el cual disminuye el rendimiento, producción y calidad del cultivo de café. Este trabajo tiene como objetivo determinar la estrategia de control más efectiva para el manejo de la broca. Para ello se realizó una revisión de literatura científica sobre la broca, mediante la base de datos SCOPUS. El procedimiento de búsqueda dio lugar a 399 documentos y solo se consideraron 33 artículos para la revisión sistemática, ya que se aplicó ciertos criterios de inclusión y exclusión. La mayoría de artículos abarcaron estrategias para un manejo ecológico, siendo el manejo biológico el más efectivo por el alto porcentaje de mortandad obtenido en campo.

Palabras clave: Base de datos, control fitosanitario, mortandad, manejo biológico.

ABSTRACT

Coffee is the most commercialized product in the world and represents the main source of income for producing families. However, the coffee crop is affected by the CBB *Hypothenemus hampei*, which decreases the yield, production and quality of the coffee crop. This work aims to determine the most effective control strategy for the management of the CBB. To do this, a review of the scientific literature on CBB was carried out using the SCOPUS database. The search procedure resulted in 399 documents and only 33 articles were considered for the systematic review, since certain inclusion and exclusion criteria were applied. Most of the articles covered strategies for ecological management, biological management being the most effective due to the high mortality rate obtained in the field.

Keywords: Database, phytosanitary control, mortality, biological management.

INTRODUCCIÓN

El café como grano es uno de los productos básicos más comercializados en todo el mundo y es cultivado en más 80 países productores de café. Asimismo, contribuye como fuente de ingresos de divisas para muchos países tropicales en desarrollo, ya que genera una fuente de ingresos para alrededor de 25 millones de familias productoras, la mayoría de ellos pequeños agricultores (Jha et al., 2014, Waller et al. 2007). Sin embargo, este cultivo enfrenta muchos problemas, uno de ellos son las plagas, siendo la broca *Hypothenemus hampei* una de las principales plagas económicas que afecta negativamente el rendimiento de los cafetales, generando pérdidas mayores de 500 millones de dólares anuales (Vega et al., 2015).

H. hampei es originario de África y como resultado de la introducción de semillas infestadas se ha logrado extender por los países productores de café en América (Dammon A., 2000). Es un pequeño escarabajo de 2 mm de longitud que gasta la mayor parte de su ciclo de vida en la semilla del fruto del café. La hembra adulta perfora la fruta en el cáliz y daña las semillas formando galerías en la semilla del café para poner sus huevos. Al salir de los huevos, las larvas continúan el daño consumiendo la semilla, perjudicando la producción, el rendimiento y sobre todo la calidad del grano de café (Duque y Baker, 2003; Aristizábal et al., 2016). Investigaciones desarrolladas en zonas cafetaleras señalan una infestación de hasta un 60% en las bayas de café (Mendesil et al., 2004; Mendesil et al., 2008).

La broca se considera una plaga grave en muchos países de baja altitud, el daño de este insecto rara vez es severo en altitudes mayores a > 1370 m.s.n.m. y no se ha encontrado

daños por encima de los > 1680 m.s.n.m. (Waller.,2007). Por otro lado, se ha detectado que el cambio en las variables climáticas genera un crecimiento de la temperatura media en las regiones cafeteras ocasionando la expansión de la broca en mayores altitudes (Jaramillo et al. 2009, 2011). Asimismo, varios estudios han demostrado el impacto que ocasiona el cambio climático en la producción del café (Davis et al., 2012; Adhikari et al., 2015).

Debido a la importancia de la producción de café y amenaza de la broca que enfrenta, se han propuesto programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para la broca. A aquellos programas combinan prácticas culturales, biológicas, químicas y saneamiento post cosecha (Aristizábal et al., 2016). Entre estas prácticas, el manejo biológico ha ganado un papel importante luego de severas restricciones en el uso de pesticidas sintéticos. El manejo biológico se basa en la aplicación de técnicas sostenibles con el medio ambiente, para ello utilizan agentes biológicos o enemigos naturales.

Por otro lado, el control químico para *H. hampei* es poco efectivo, ya que solo es vulnerable durante el estrecho período de tiempo en el que no están dentro de la baya. Así que resulta ser sumamente difícil controlar usando solo pesticidas. (Damon A., 2001). Es por esa razón que la mayoría de países cafetaleros están optando por un enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para controlar la broca. El MIP abarca una combinación de prácticas que se complementan entre sí: físico biológico, cultural, mecánico, etológico, ecológico y químico. (Vega E., et al., 2001; Infante F., 2018).

En este trabajo se realizó una revisión de literatura científica sobre la broca de café (*Hypothenemus hampei*) como plaga principal del cultivo de café (*Coffea arabica*)

mediante la base de datos SCOPUS, con el objetivo de determinar la estrategia de control más efectiva para el manejo de *H. hampei*.

METODOLOGÍA

Obtención de la información

Se realizó una revisión de literatura científica sobre la broca de café (*Hypothenemus hampei*) como plaga principal del cultivo de café (*Coffea arabica*) mediante la base de datos SCOPUS empleando el término "*Hypothenemus hampei*". Se obtuvo una cantidad de 399 artículos científicos, la búsqueda no difirió en el idioma ni en el año de publicación, para obtener la mayor cantidad de artículos disponibles.

De los criterios de inclusión y exclusión se incluyeron solo artículos donde el control de la plaga fue realizado en campo. Este criterio permitió descartar todos aquellos trabajos de tipo descriptivos, que se usarán como fuente de información y comparación. También se tomaron en consideración trabajos que reportaron resultados estadísticos numéricos de mortandad de la broca. Se excluyeron aquellos trabajos donde el control de la plaga era la combinación del manejo químico, biológico u otros. Para afinar la revisión se hizo la comparación entre el control biológico y químico que llegaron a resultados de mortandad de la broca, sin excluir las estrategias de control que no especificaron el porcentaje de mortandad de la plaga.

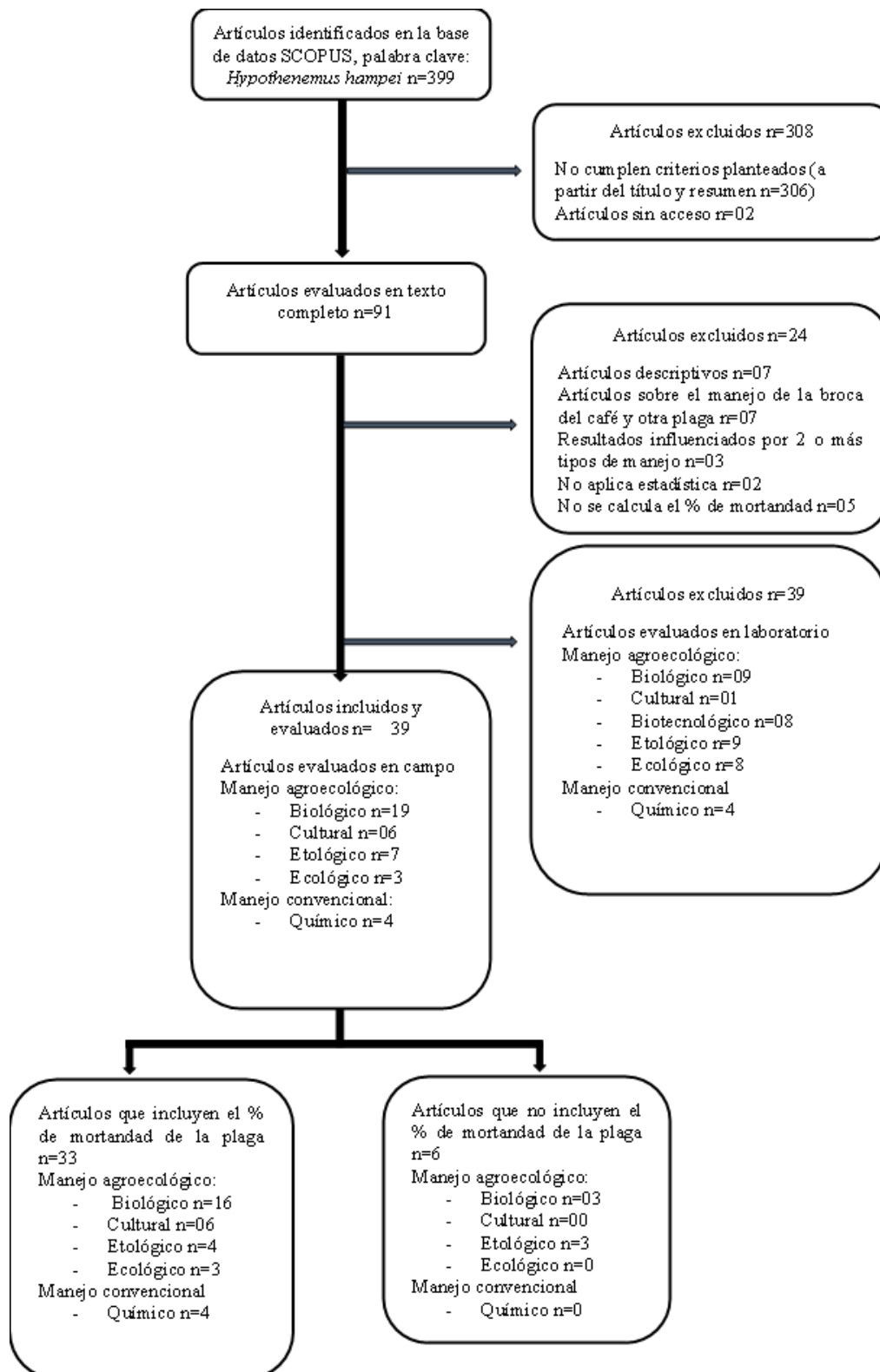
RESULTADOS

El procedimiento de búsqueda dio lugar a 399 documentos relevantes, no obstante, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, solo se consideraron 33 artículos

para la revisión sistemática. En la figura 1 se presenta el flujograma del proceso de selección.

FIGURA 1

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS



Fuente: Elaboración propia

Los artículos fueron desarrollados en diversos países de producción cafetalera, donde el mayor número de artículos publicados lo presentó Brasil y Colombia con 25 y 15 artículos respectivamente.

FIGURA 2

UBICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ



Fuente: Elaboración propia

El 34% de los artículos corresponde al manejo biológico, 18 artículos exclusivamente en entornos de campo, 13 artículos exclusivamente en entornos de laboratorio y 08 artículos lo hicieron en ambos entornos. Asimismo, los mecanismos de los enemigos naturales para el control biológico de la broca fueron la entomopatogenicidad, seguida del parasitismo y la depredación. Los hongos fueron el grupo taxonómico que contó con mayor cantidad de publicaciones, seguidos de artículos sobre comunidades de hormigas, himenópteros, nematodos y aves.

Luego de todos los filtros se obtuvo 16 artículos relacionados al manejo biológico (Tabla 1). Se contó con artículos publicados entre el año 2000 y el 2020 realizados en Colombia, Hawái, México, India, Uganda y Costa Rica. Entre los agentes biológicos reportados tenemos a *Beauveria bassiana*, *Pseudomyrmex Cephalonomia stephanode*,

Heterorhabditis sp., *Steinernema sp.* y *Phymastichus coffea*; mientras que, su efectividad de manejo fue evaluada en diferentes tipos de agricultura (orgánicos y convencionales), condiciones climatológicas y altitud.

Tabla 1

 Manejo biológico para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Agente	País	Año	Plantación	Altitud	Clima	Resultado
Haraprasad, N., Niranjana, S.R., Prakash, H.S., Shetty, H.S., Wahab, S.	<i>Beauveria bassiana</i>	India	2001				Se registró un máximo de 75,6% de mortalidad de <i>Hypothenemus hampei</i>
De La Rosa, W., Alatorre, R., Barrera, J.F., Toriello, C.	<i>Beauveria bassiana</i>	México	2000	Orgánico, árboles de sombra			La mortalidad de <i>Hypothenemus hampei</i> a 450 msnm fue del 14,3%, a 880 msnm fue 40,6% y en 1.100 msnm fue 33,9%.
Vera, J.T., Montoya, E.C., Benavides, P., Góngora, C.E.	<i>Beauveria bassiana</i>	Colombia	2011	Cafetos de 3 años y de 1.7m de altura	1210 msnm pendiente de 20%	Temperatura 23C, humedad 77% HR	Se redujo la población de <i>Hypothenemus hampei</i> en un 50% y ayudó a evitar generaciones futuras.
Ijala, A.R., Kyamanywa, S., Cherukut, S., Sebatta, C., Karungi, J.	4 agentes parasitoid.	Uganda	2019	Asociación de cultivos	1200 a 3500 msnm	Clima cálido y húmedo	Las aspersiones basadas en umbrales proporcionaron un mejor control
Hollingsworth, R.G., Aristizábal, L.F., Shriner, S., (...), Moral, R.D.A., Arthurs, S.P.	<i>Beauveria bassiana</i>	Hawai	2020	1750–2400 árboles /ha, cultivares "Typica" y "Caturra"	altitud (300 a 650 msnm)	Precipitación media anual de 1200 a 2200 mm	Aplicado a principios de la temporada es más eficaz

Wraight, S.P., Galaini-Wraight, S., Howes, R.L., (...), Matsumoto, T.K., Keith, L.M.	<i>Beauveria bassiana</i>	Hawai	2018				Mayor actividad de las cepas se observó en granjas de gran altitud (> 500 m), donde se infectaron entre el 24 y el 42%.
Greco, E.B., Wright, M.G., Burgueño, J., Jaronski, S.T.	<i>Beauveria bassiana</i>	Hawai	2018	Cafetos entre 5 y 15 años, variedad guatemalteca, 1976 cafetos por ha	145 a 768 msnm	Finca 1 lluvias limitadas Finca 3 lluvias frecuentes	A 145 msnm la infestación fue de 3.9%; a 538 m fue del 12,2% y a 768 m infestación fue del 22,3%.
Jaramillo, J.L., Montoya, E.C., Benavides, P., Góngora B, C.E.	<i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium Anisopliae</i>	Colombia	2015				Las tasas de mortalidad de <i>Hypothenemus hampei</i> oscilaron entre 91% y 94%. En el campo fue de 18% y el 47% en comparación con el control
Martínez-Salinas, A., DeClerck, F., Vierling, K., (...), Vílchez-Mendoza, S., Avelino, J.	Aves	Costa Rica	2016	Orgánico		Precipitación anual 2636 mm y temperatura media de 22 C.	Los rasgos de las aves fueron predictores significativos de las diferencias de <i>H. hampei</i> en las tasas de infestación.
Mitchell, A., Maddox, C.	<i>Pseudomyrmex</i>	México	2010			Manejo con agroquímicos de	En laboratorio se eliminaron eficazmente los barrenadores y en campo, hubo mayor eficiencia en los sistemas de café con sombra

							manera moderada
Armbrecht, I., Gallego, M.C.	<i>Pseudomyrmex</i>	Colombia	2007				Mayor mortandad en plantaciones sombreadas y en la temporada de lluvias. En el laboratorio el % de mortandad fue de 74 al 99%.
Roobakkumar, A., Samuel, S.D., Balakrishnan, M.M., Sreedharan, K.	<i>Cephalonomia stephanoder</i>	India	2014	Orgánico, variedad Coffea arábica			Las tasas de parasitismo oscilaron entre el 16% al 45% en muestras recolectadas
Roobakkumar, A., Samuel, S.D., Balakrishnan, M.M., Sreedharan, K.	<i>Heterorhabditis sp. y Steinernema sp.</i>	Colombia	2004				Provocó una mortalidad de <i>H. hampei</i> de 53 y 88% respectivamente
Infante, F., Castillo, A., Pérez, J., Vega, F.E.	<i>Phymastichus coffea</i>	México	2013	3000 plantas/ha, edad: +25 años	700 msnm	Lluvia 2900 mm, Temperatura: 21 C	El mayor porcentaje de parasitismo ocurrió cuando se utilizó la mayor proporción de parasitoides.
Jaramillo, J., Bustillo, A.E., Montoya, E.C., Borgemeister, C.	<i>Phymastichus coffea</i>	Colombia	2005	Cafetos de 5 años, sembrados a 1mx1m	1400 msnm	21.4 C, 2700 mm de precipitación	Los niveles más altos de parasitismo se registraron en bayas de 150 días (75-85%).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2

 Control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con *Beauveria bassiana*

Auor	Año	Altitud	Resultado
De La Rosa, W., Alatorre, R., Barrera, J.F., Toriello, C.	2000		La mortalidad a 450 msnm fue del 14,3% para <i>B. bassiana</i> a 880 msnm fue 40,6% y en 1.100 msnm fue 33,9%.
Haraprasad, N., Niranjana, S.R., Prakash, H.S., Shetty, H.S., Wahab, S.	2001		Se registró un máximo de 75,6% de mortalidad de <i>H. hampei</i>
Vera, J.T., Montoya, E.C., Benavides, P., Góngora, C.E.	2011	1210 msnm suelo franco arenoso, pendiente de 20%	Se redujo la población de <i>H. hampei</i> en un 50% y ayudó a evitar generaciones futuras.
Jaramillo, J.L., Montoya, E.C., Benavides, P., Góngora B, C.E.	2015		Las tasas de mortalidad de <i>H. hampei</i> fue entre 91% y 94%. En el campo fue de 18% y el 47% en comparación con el control
Wraight, S.P., Galaini-Wraight, S., Howes, R.L., (...), Matsumoto, T.K., Keith, L.M.	2018		Mayor actividad de las cepas se observó en granjas de gran altitud (> 500 m), donde se infectaron entre el 24 y el 42%
Greco, E.B., Wright, M.G., Burgueño, J., Jaronski, S.T.	2018	145 a 768 msnm	A 145 msnm la infestación fue de 3,9%; a 538 m fue del 12,2% y a 768 m infestación fue del 22,3%.
Hollingsworth, R.G., Aristizábal, L.F., Shriner, S., (...), Moral, R.D.A., Arthurs, S.P.	2020	altitud (300 a 650 msnm)	Aplicado a principios de la temporada es más eficaz

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

 Control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con *Pseumymex*

Autor	País	Año	Altitud	Resultados
Mitchell, A., Maddox, C.	México	2010	1500msnm	En laboratorio se eliminaron eficazmente los barrenadores y en campo, hubo mayor eficiencia en los sistemas de café con sombra
Armbrecht, I., Gallego, M.C.	Colombia	2007	1560msnm	Mayor mortandad de <i>H. hampei</i> en plantaciones sombreadas y en la temporada de lluvias. En el laboratorio el % de mortandad fue de 74 al 99%.

Fuente: Elaboración propia

Para el control con el sistema convencional de la broca se usó principalmente el ingrediente activo Ciantraniliprol, seguido por insecticidas del grupo de los terpenos y la tetraciclina. Siendo el Ciantraniliprol el de mayor eficiencia, ocasionando 63% de mortandad en menos de 48 horas.

Tabla 4

 Control químico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Agente	País	Año	Clima	Resultado
Góngora, C.E., Tapias, J., Jaramillo, J., A., Benavides, P.	Terpenos	Colombia	2020	Temperatura 22.1 °C, HR de 75.3%, PP 2728 mm.	Un 33% a 45% menos de grado de infestación. El β -cariofileno es un compuesto prometedor para el MIP
de Souza, J.C., Reis, P.R., Silva, R.A., de T.A.F., Pereira, A.B.	Ciantraniliprol	Brasil	2013		El tratamiento testigo mostró un 35,7% de barrenadores vivos, mientras que dosis de 1,75 y 2,0 litros de ciantraniliprol / ha, 3,5 y 4,0%, respectivamente.
Suresh Kumar, R.S., Rajabaskar, D., Chozhan, K., Regupathy, A.	Ciantraniliprol	Brasil	2004	Temperatura 25 °C, HR 70%	La reducción acumulada de broca fue del 27,7 al 48,0 por ciento y del 30,1 al 59,4 por ciento, respectivamente
Guide, B.A., Alves, V.S., Fernandes, T.A.P., (...), Meneguim, A.M., Neves, P.M.O.J.	Ciantraniliprol	Brazil	2018	Temperatura 25 °C, HR 70%	La formulación de ciantraniliprol afectó la viabilidad de los IJ de <i>S. feeliae</i> y <i>Heterorhabditis</i> sp. (IBCB-n 46), principalmente después de 48 h de exposición.

Fuente: Elaboración propia

Tras realizar una comparación entre el control biológico y químico, se obtuvo un promedio de mortandad de 47% y 43% respectivamente. A pesar de que el porcentaje promedio de mortandad obtenido bajo un control biológico es más alto que en un control químico, es crucial tomar en cuenta criterios como el tiempo de efectividad y la altitud (msnm). El porcentaje de mortandad aplicando un control biológico será de forma progresiva, ya que hay mecanismos como el parasitismo y la entomopatogenicidad que requieren un tiempo determinado para ocasionar la muerte absoluta de su hospedero, que puede tornarse desde varios días o hasta semanas, dependiendo del ciclo del controlador biológico.

Cabe resaltar que en la búsqueda de los artículos se encontraron resultados bajo el sistema agroecológico como el control etológico, cultural, mecánico y usos de bioplaguicidas. Los artículos sobre el control etológico utilizaron diferentes tipos de atrayentes, los más comunes fueron el metanol y etanol (Tabla 5). Se comparó las diferentes alturas de instalación de la trampa, siendo más efectivas las trampas colocadas en la parte media superior del cafeto.

Las estrategias aplicadas en el control cultural fueron el efecto de las podas, porcentaje de sombra y diversidad arbórea del sistema (Tabla 6). El aspecto más relevante fue la importancia del porcentaje de sombra en un sistema cafetalero, ya que el índice de la broca del café fue elevado en sistemas sin sombra.

Por otro lado, se obtuvo solo un artículo referido al control mecánico de la broca de café, el cual era sobre la recolección de los frutos desprendidos.

Por último, se encontró artículos relacionados al manejo con bioplaguicidas cuyas estrategias consistieron en el uso de caldos sulfónicos, aceites naturales y uso de plantas repelentes al insecto (Tabla 7). Las condiciones climáticas fueron similares en todos los casos. También se tomó en cuenta el hecho que las fincas estaban manejadas de manera orgánica. Los resultados arrojaron altos porcentajes de mortandad de la broca aplicando estos métodos, por lo que se recomienda seguir usando estos compuestos en el manejo de las fincas de café.

Tabla 5

 Control etológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Agente	País	Año	Clima	RESULTADO
Sinaga, M., Lisawita, Tobing, M.C.	Los mismos granos de café	Indonesia	2020	Temperatura 20 °C, HR de 70%, PP 2728 mm.	Se redujo la infestación de <i>H. hampei</i> en un 26,5% en comparación con el control
Leiva-Espinoza, S., Oliva-Cruz, M., Rubio-Rojas, K., Maicelo-Quintana, J., Milla-Pino, M.	Atrayente alcohólico en trampa color rojo	Colombia	2019		4000 adultos/trampa/semana. 43.7% menos incidencia de la plaga que el control
Ramli, N., Tobing, M.C., Bakti, D..	Extracto de granos de café	Brasil	2019	Temperatura 25 °C, HR 70%	90% de captura de insectos
Laiton J., L.A., Constantino, L.M., Benavides, P.	Trampa con Acetato de Etilo	Brazil	2018	Temperatura 24 °C, HR 70%	Hubo una reducción en la incidencia de 85%

Pereira, A.E., Vilela, E.F., Tinoco, R.S., (...), Morais, E.G.F., França, C.F.M.	Trampas con Metanol y Etanol	Brazil	2012	Temperatura 26 C, HR 75%	Captura de insectos disminuyó infestación en 70%
Del Pozo, J., González, E., Cásares, R., Castillo, A., Meneses, H.	Trampas con Etanol a diferentes alturas	Venezuela	2011	Temperatura 19C, HR 83%, PP 1321mm	Hubo una mortandad de 80% en las trampas, no hubo diferencia significativa en las alturas
Uemura-Lima, D.H., Ventura, M.U., Mikami, A.Y., da Silva, F.C., Morales, L.	Trampas de Metanol y Etanol	Brasil	2010	Temperatura 25 C, HR 74%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Control cultural de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Práctica	País	Año	Plantación	Altitud	Clima	Resultado
Bagny Beilhe, L., Roudine, S., Quintero Perez, J.A., (...),		Nicarag.	2020	3 fincas familiares de café (convencional, integrada y orgánica), 152 ha cada una	650 y 850 msnm		El barrenador de las bayas del café era más común en parcelas expuestas al sol.

Mauxion, R., Carval, D.							
Dufour, B.P., Kerana, I.W., Ribeyre, F.	Poda	Indonesia	2019	3 parcelas de menos de 1 ha con cafetos de 8 años se cultivaron en libre crecimiento sin poda, 1666 plantas / ha - fertilización orgánica	Parcelas planas, ubicadas en una altitud de unos 1200 msnm	Temperaturas promedio de 21 ° C., 2676 mm y 2200 mm de lluvia,	La poda puede hacer un valiosa contribución a la implementación de la recolección de saneamiento,
Nesper, M., Kueffer, C., Krishnan, S., Kushalappa, C.G., Ghazoul, J.	Sombra	India	2017			Temperatura media anual es de 22,5 ° C, precipitación media anual de 1200 mm a 5000 mm	La disminución de la diversidad de árboles de sombra aumentó las tasas de infestación en barrenador
Mariño, Y.A., Pérez, M.-E., Gallardo, F., (...), Cruz, M., Bayman, P.	Sombra	Puerto Rico	2016	1.- café expuesto al sol y 2.- café de sombra	550 msnm	Temperaturas de 15-28 C y precipitación media anual de 1870 mm	Se observó densidades más altas de broca y una proporción de sexos más fuerte se inclinan hacia las hembras en parcelas soleadas.
Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Caballero- Nieto, J.	Diversidad	México	2002	Dentro del ecosistema bosque tropical y bosque lluvioso de montaña. Suelos recientes, delgados y pedregosos.	600 a 11100 msnm	23C, 2000 mm	Se apoyan la teoría ecológica en donde la diversidad y la complejidad estructural en los sistemas agroforestales o mixtos mantienen un sistema saludable y sostenible.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

 Control mecánico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Práctica	País	Año	Plantación	Altitud	Resultado
Rodríguez-Benito, Y., González-Vega, M.E., Vázquez-López, E., (...), Chávez, E.S., Pérez-Álvarez, S.	Recolec.	Cuba	2018	6 fincas de una ha, se cultiva <i>Coffea canephora</i> var. Robusta, rango de edad 8 - 24 años	150 msnm	La recolección de los granos de café es importante en el MIP, debido a la relación entre la fruta que permanece en la plantación y los niveles de infestación del insecto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

 Bioplaguicidas para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Autor	Agente	País	Año	Clima	Resultado
Marulanda, M.C., Buriticá, J.R., Giraldo, A.S.	Caldo sulfocálcico	Colombia	2018	Temperatura 22.1 °C, HR de 75.3%, PP 2728 mm.	Mortandad de 90% de <i>H. hampei</i> luego de los 4 días de aplicación
Castro, A.M., Tapias, J., Ortiz, A., Benavides, P., Góngora, C.E.	<i>Nicotiana. tabacum, Lantana. camara y Calendula. officinalis</i>	Colombia	2017	Temperatura 24 °C, HR 73%	En las fincas con presencia de estas plantas hubo un 55% menos incidencia de la plaga de <i>H. hampei</i>
Mawussi, G., Tounou, A.K., Ayisah, K.D., (...), Wegbe, K., Sanda, K.	Aceite de <i>Ocimum canum</i>	Brasil	2012	Temperatura 25 °C, HR 70%	Causó una mortandad de 86% de <i>H. hampei</i> lo que indica a este aceite como un bioinsecticida

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIONES

Pereira, A.E., et al (2012) habla acerca de la importancia de difundir y extender manejos de plagas que estén alineados con el cuidado de la naturaleza. Sin embargo, Guide, B.A., Alves, V.S. et al (2018) indica que hay una tendencia de la producción en desarrollarse de manera extensiva, para lo cual asegura es más llevable o ejecutable un manejo químico, por lo que recomienda invertir en investigación para mitigar los posibles efectos que pueda tener el uso de sustancias químicas y llevarlo a niveles menores de peligro.

Una de las principales teorías de los autores que defienden el manejo ecológico, se basa en mostrar los visibles daños a la biodiversidad y medioambiente que el manejo químico ocasiona. Autores que defienden la última forma de manejo mencionada, indican que dichos efectos se dan principalmente por el indiscriminado o mal uso de estos agentes químicos.

Los autores revisados para el caso del manejo ecológico, promueven esta forma o tipo de control en los cultivos de café, sin embargo, otros indican que este manejo requiere de un conocimiento técnico sobre el proceso de implementación, lo cual dificulta su empleo, siendo que casi el 70% de producción mundial de café es llevado por pequeños agricultores, que en gran mayoría tienen dificultades para entender los complicados procesos.

La mayor parte de la investigación sobre el manejo biológico de la broca se ha centrado en el uso de parasitoides (Infante et al, 2013) y microorganismos bajo un enfoque clásico. Pero desde el 2010, un número creciente de artículos que evalúan organismos

no introducidos (como las hormigas, (Armbrecht, & Gallego, 2007) pájaros (Martínez-Salinas, 2013), coleópteros) destacan el interés creciente en comprender los métodos de control natural como parte de una estrategia para combatir eficazmente la broca del café. Evidencia sólida que respalda el éxito del control biológico en el campo, incluyendo diferentes aspectos de las lesiones causadas por la plaga y múltiples enfoques experimentales.

Diferentes autores revelan que la mayor crítica de los resultados obtenidos de la aplicación inducida de este control gira principalmente alrededor de la *Beauveria bassiana*, ya que el porcentaje de mortandad es afectada por la altitud del predio experimental. Asimismo, De La Rosa et al., 2000; Jaramillo et al., 2015 y Greco et al., 2018 concluyeron que la incidencia de *B. bassiana* en *H. hampei* depende de las condiciones climáticas, la vegetación, la altitud, las técnicas de cultivo y la época del año.

La mayoría de investigaciones fueron hechas en Brasil y Colombia, principales productores de café en el mundo, lo cual nos indicaría que hay una relación directamente proporcional entre estos dos factores (cantidad producida y número de investigaciones). Sin embargo, debemos tener en cuenta que Vietnam también es un importante productor, más sus investigaciones encontradas son pocas.

Los estudios de manejo de la broca del café analizados en la presente investigación fueron hechos en diferentes países en áreas productoras de café con características ambientales y geográficas similares, ubicadas en zonas tropicales, lo que facilitaría la interpretación de resultados.

CONCLUSIONES

Para el caso del manejo convencional del café, se observó que los porcentajes de mortalidad de la broca mediante el control químico, son cerca del 100% en laboratorio. Sin embargo, una vez aplicados en la finca, que es nuestro campo de estudio, la mortalidad de la broca disminuyó en promedio a un 45%.

La principal diferencia entre el manejo convencional y ecológico del café, radica en el tiempo en que surte el efecto, mientras que el control convencional es instantáneo y muchas veces causa la muerte de la broca por simple contacto, en el control biológico, se necesitan incluso semanas, para eliminar la broca del café empleando controladores biológicos.

Se determinó según la bibliografía, que condiciones como la presencia de sombra moderada en las fincas de café, influye de manera positiva en la cantidad de individuos de la broca, pues al comparar fincas con y sin sombra, en las que sí tenían cubierta, se reportó una menor presencia de esta plaga.

El uso de un manejo convencional o un manejo ecológico va a depender de las condiciones y urgencia de la finca, Por ejemplo, el control ecológico, debe ser planeado y constante, mientras que el control convencional puede usarse para casos de emergencia o cuando la plaga esté superando la barrera económica.

El número de artículos sobre el control biológico, fueron aumentando de manera proporcional a los años en que se hicieron las investigaciones. Estos resultados son fáciles de inferir, puesto que en los últimos años hay una creciente línea de investigación

en temas ecológicos, además los mercados cada día demandan cultivos amigables con el ambiente y reclaman la trazabilidad de los productos. Otro de los motivos se debe, a que hoy en día existe mayor facilidad de acceso a la información científica, lo cual facilita la elaboración de investigaciones.

Se determinó que el control ecológico es eficiente en el control de la broca del café, sobre todo en aquellas fincas que son manejadas de manera orgánica. Sin embargo, la eficiencia del control ecológico se limita un poco en las fincas tratadas de manera convencional o donde ya ha habido uso de agroquímicos.

Si bien se puede inferir que, al ser estudios en diferentes países, las áreas estudiadas o áreas experimentales tienen grandes diferencias, pues en nuestro caso han presentado características ambientales y geográficas similares, dado que la ubicación de estos experimentos, son en áreas productoras de café, las cuales todas se encuentran en zona tropical

El manejo cultural, es uno de los pilares en el MIP, para el caso de la broca del café ayuda a prevenir de manera eficiente a las nuevas generaciones de la plaga, además ayuda a no darle las condiciones de vida que la broca requiere, empleando actividades como, manejo de poda, sombra o la llamada “raspa”

El manejo ecológico resultó el menos costoso en términos económicos, además de ser amigable con el medio ambiente. Sin embargo, requiere de una mayor planificación y es ineficiente cuando la plaga ha superado la barrera económica en una finca, es decir, cuando la incidencia de dicha plaga pone en peligro la economía del agricultor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adhikari U, Nejadhashemi AP, Woznicki SA. (2015). Climate change and eastern Africa: a review of impact on major crops. *Food Energy Secur.* 4(2):110–132.

Aristizábal, L.F., Bustillo, A.E., Arthurs, S.P. (2016). Integrated pest management of coffee berry borer: Strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. *Insects* 7 (1), 11–14. <https://doi.org/10.3390/insects7010006>.

Ambrecht, I., & Gallego, M. C. (2007). Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in colombia. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 124(3), 261-267

Damon A. (2001). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull Entomol.*

De la Rosa, W., Segura, H. R., Barrera, J. F., & Williams, T. (2000). *Laboratory Evaluation of the Impact of Entomopathogenic Fungi on Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae), a Parasitoid of the Coffee Berry Borer. *Environmental Entomology*, 29(1), 126.

De La Rosa, W., Alatorre, R., Barrera, J. F., & Toriello, C. (2000). Effect of beauveria bassiana and metarhizium anisopliae (deuteromycetes) upon the coffee berry borer (coleoptera: Scolytidae) under field conditions. *Journal of Economic Entomology*, 93(5), 1409-1414. Retrieved from www.scopus.com

Duque, H., Baker, P.S. (2003). Devouring profit; the socio-economics of coffee berry borer IPM, Chinchiná, Colombia. Editado por C. The Commodities Press. Chinchiná (Colombia): Cenicafé.

Greco, E. B., Wright, M. G., Burgueño, J., & Jaronski, S. T. (2018). *Efficacy of Beauveria bassiana applications on coffee berry borer across an elevation gradient in Hawaii. Biocontrol Science and Technology, 1–19.*

Guide, B. A., Alves, V. S., Fernandes, T. A. P., Marcomini, M. C., Meneguim, A. M., & Neves, P. M. O. J. (2018). Selection of entomopathogenic nematodes and evaluation of their compatibility with cyantraniliprole for the control of *hypothemus hampei*. *Semina: Ciências Agrarias, 39(4)*, 1489-1501.

Infante, F. (2018). Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J. Agric. Food Chem.*

Jaramillo J, Chabi-Olaye A, Kamonjo C, Jaramillo A, Vega FE, Poehlin & H-M, Borgemeister C. (2009). Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLoS ONE. 4(8)*.

Jaramillo J, Muchugu E, Vega FE, Davis A, Borgemeister C, Chabi-Olaye A. (2011). Some like it hot: the influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in east Africa. *PLoS One. 6(9):e24528*.

Mendesil E, Jembere B, Seyoum E, Abebe M. (2004). Population dynamics and distribution of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) on *Coffea arabica* L. in south western Ethiopia.

Mendesil E, Abebe M, Abdeta C, Tadesse M. (2008). Coffee insect pests in Ethiopia. In: Adugna G, Belachew B, Shimber T, Taye E, Kufa T, editors. *Coffee diversity and knowledge*. Addis Ababa: EIAR. Eth-Cana Plc; p. 279–290.

Pereira A, Vilela E, Tinoco R, Morais E, França, C. (2012) Attractiveness of semiochemists to *Hypothenemus Hampei*. Brasil

Vega, F.E.; Infante, F.; Castillo, A.; Jaramillo, J. (2001). The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): A short review, with recent findings and future research directions. *Terr. Arthropod*

Vega, F.E., Infante, F., Johnson, A.J. (2015). The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H.hampei*, the coffee berry borer. In: Vega, F.E., Hofstetter, R.W. (Eds.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier/Academic Press, London, pp. 427–494

Waller JM, Bigger M, Hillock RA. (2007). *Coffee pests disease and their management*. Egham: CABI.