

RESPUESTA DE *Hypothenemus hampei* FERRARI (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) A ESTÍMULOS OLFATIVOS: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

RESPONSE OF *Hypothenemus hampei* Ferrari (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) TO OLFACTORY STIMULI: STATUS AND PERSPECTIVES

Daniel Rodríguez Caicedo M.Sc.^{1,2}

Jose R. Cure H Ph.D.¹

Fernando Cantor R Ph.D.¹



Foto Flickr

¹ Docente Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada

² Autor para correspondencia: jrcure@umng.edu.co

RESUMEN

Se presenta una revisión acerca de la investigación realizada en torno a la atracción química en la broca del café, como un aspecto indispensable para el desarrollo de métodos de captura en trampas, que pueden ser útiles para fines de monitoreo o control de la plaga. La discusión en relación con la broca del café es complementada con información disponible para otros Scolytinae de zonas con estaciones, que presentan características de comportamiento similares. A partir del diagnóstico realizado se proponen temas de investigación relevantes para trabajos en el futuro.

Palabras Clave: Broca del Café, Semioquímicos, Trampas con atrayente.

ABSTRACT

A review about the research carried out on the chemical attraction in the coffee berry borer is presented in this work, as an important topic in order to develop catch methods based on the use of traps, which can be useful for monitoring or control pest purposes. The discussion about the coffee berry borer is complemented with information of Scolytinae from zones with seasonal climate, which presents similar behavior. According to the diagnostic obtained, some research topics are proposed for future works.

Key words: Coffee berry borer, Semiochemicals, Traps with attractant.

Respuesta de *H. hampei* a estímulos de tipo olfativo

Los estudios en torno a este aspecto se basaron inicialmente en la experiencia generada

para otros Scolytinae que son plagas importantes en la producción de forestales de zona templada. Cade *et al.* (1970) extrajeron de abetos etanol, entre otros compuestos, encontrando que dicho compuesto es el atrayente primario de *Gnathotrichus sulcatus* LeConte, un Scolytinae plaga de este forestal. En *Dendroctonus rufipennis* Kirby (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae), Moeck (1981) identificó que el etanol producido por los árboles, induce el ataque del insecto. Este mismo autor había ya identificado (Moeck 1970) el etanol como un atrayente importante de *Trypodendrum lineatum*. Elliott *et al.* (1983) identificaron el etanol como un compuesto mediador en el ataque de *Platypus subgranosus* Schedl (Coleoptera:Platypodidae:Platypodinae) sobre pinos de montaña. Montgomery *et al.* (1983) identificaron al etanol dentro de los compuestos volátiles que atraen a los coleópteros plaga en forestales y que son producidos por los hospederos.

Syed y Graham (1987) encontraron respuesta positiva de *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae) al estímulo con etanol en pruebas de olfatómetro. En los anteriores trabajos se encontró una respuesta positiva a un único compuesto generado por el hospedero. El sinergismo entre diferentes compuestos fue planteado por Shore y McLean (1983) quienes encontraron que una mezcla de etanol, α -pineno y lineatina, genera una atracción mayor que la suma del efecto con los tres compuestos por separado. También Tilles *et al.* (1986) encontraron que el efecto del etanol junto con otros volátiles de las coníferas generan una atracción mayor que la obtenida con los compuestos separados, en *Hylobius abietis* L. (Coleoptera:Curculionidae).

En el caso de la broca del café, el efecto atrayente del etanol fue reportado por primera vez por Benassi (1990), quien empleó trampas cebadas con dicha sustancia en un estudio sobre dinámica de población realizado en el norte de Espírito Santo, en Brasil. Mendoza (1991) evalúa en la trampa ESALQ/84 el efecto atrayente de etanol, metanol, eugenol y la mezcla etanol + metanol (E+M) en proporción 1:1, encontrando efecto sinérgico positivo entre los dos alcoholes. Al evaluar concentraciones de etanol al 25%, 50% y 75% junto con la mezcla en proporción 1:1, se corroboró la mayor atracción de la mezcla. A partir de este resultado, en el mismo trabajo se evaluaron proporciones de alcoholes en la mezcla E+M (1:3, 3:1, 1:1 y 2:1:1 incluyendo agua), encontrándose que la proporción 1:3 presentó mayores capturas, aunque no presentó diferencias significativas con los otros tratamientos.

Mathieu *et al.* (1997) determinaron que el atrayente apropiado es la mezcla de E+M en proporción 1:1. González y Dufour (2000), trabajando modelos precursores de la trampa Brocap® evaluaron nuevamente la mezcla etanol + metanol en diferentes proporciones, además de etanol sólo, corroborando el efecto sinérgico de la mezcla. En este trabajo se recomienda emplear la mezcla E+M en proporción 1:1, pues presentó las mayores capturas. Otro aspecto relevante encontrado, fue que la adición a la mezcla de sustancias como extracto de pulpa de café, extracto de broca, cafeína pura o café molido no generó incremento en las capturas.

De otro lado, Borbón *et al.* (2000) al evaluar la mezcla de E+M en proporción 1:3 adicionada con extracto de broca o extractos de frutos

maduros y verdes, tampoco encontraron que tales extractos incrementaran los niveles de captura obtenidos con la mezcla de alcoholes únicamente. Cárdenas (2000) evaluó el efecto atrayente de 60 compuestos, concluyendo que la mezcla E+M en proporción 1:1 es recomendable para fines de monitoreo, si bien no se reporta la evaluación de otras proporciones. Este mismo autor encuentra que la adición de café soluble a la mezcla de alcoholes incrementa significativamente las capturas, por lo que plantea esta mezcla como promisoría para el trapeo masivo. Sin embargo no parecen haber reportes posteriores que corroboren este efecto. Villacorta *et al.* (2001) evalúan en su modelo ECO-IAPAR tres atrayentes diferentes: etanol sólo, E+M en proporción 1:1 y en proporción 1:3, con adición de 5 ml de aceite de café. La recomendación de estos autores es utilizar la última mezcla mencionada, aunque no se aclara si el aceite de café representa alguna efectividad adicional respecto a la simple mezcla de los alcoholes. En trabajos posteriores con esta trampa (Barrera *et al.* 2004a; Barrera *et al.* 2004b y Barrera *et al.* 2005) se utiliza la mezcla de etanol+metanol en proporción 1:3 junto con alguna cantidad de café tostado y molido, y se asegura que el café tostado incrementa la atraktividad de la mezcla. Este tema es abordado posteriormente por Da Silva *et al.* (2006) quienes utilizando la trampa ECO-IAPAR, evaluaron el efecto atrayente de etanol, metanol y aceite de café aislados, encontrando que ninguno es efectivo al usarse por separado. En relación con la adición de aceite de café a la mezcla de alcoholes, los autores encuentran que no hay un incremento en las capturas como efecto de la adición de dicho aceite. En el mismo trabajo se evaluaron

mezclas de E+M en proporciones 1:1, 1:2 y 1:3. El mayor promedio de captura se presentó en la proporción 1:2, aunque sin encontrarse entre ellas diferencias significativas. También se corroboró el efecto sinérgico de la mezcla de alcoholes, pues las capturas al utilizar las mezclas de E+M se incrementaron en un factor de 2.7 respecto a los dos alcoholes por separado. De estos resultados se concluye que la mezcla de E+M en relación 1:1 ó 1:3 es apropiada para la captura de la broca y no hay diferencias entre la capacidad de atracción con cualquiera de tales proporciones. Además de las evaluaciones de alcoholes, también se han realizado trabajos acerca del efecto atrayente de los frutos y de extractos de los frutos.

El primer reporte de de trabajos similares proviene de Prates (1969), quien encuentra que extractos acuosos de cerezas rojas son preferidos por la broca, respecto a extractos de café verde. Mendoza (1991) efectuó estudios más detallados evaluando la respuesta de hembras de broca hacia los diferentes estados de desarrollo del fruto y hacia olores del fruto mediante pruebas en olfatómetro. Este autor evaluó cuatro estados de desarrollo del fruto (verde, Amarillo, Rojo y Negro), encontrando preferencias de 39,79% por frutos negros y 31,63% por frutos rojos, mientras que las preferencias de verdes y amarillos fueron ambas apenas de 14.29%. En el mismo trabajo, las pruebas en olfatómetro indicaron preferencia por frutos maduros respecto a verdes. Similares resultados reportan Giordanengo *et al.* (1993) respecto a la capacidad de la broca para discriminar diferentes estados de madurez del fruto. Estos autores además extrajeron los volátiles del fruto con acetona, encontrando atracción de las hembras a dichos extractos.

Búsqueda de nuevos atrayentes

Actualmente el único atrayente efectivo y que está siendo empleado en campo es la mezcla de etanol-metanol ampliamente mencionada. Sin embargo, como se discutirá en detalle posteriormente, varios estudios sugieren que los porcentajes de captura de hembras de *H. hampei* son bajos, y la capacidad de atracción de las trampas en campo es limitada. Por lo tanto, sería de gran utilidad disponer de una mezcla atractiva mucho más eficiente que la utilizada en la actualidad. Para lograrlo es necesario encontrar compuestos con una fuerte capacidad atrayente, los cuales generalmente logran identificarse a partir de los volátiles liberados por el hospedero, mediante análisis de cromatografía o espectrofotometría. Estos compuestos deben luego ser evaluados aisladamente y en combinación en pruebas de olfatómetro, y los resultados más promisorios deben ponerse a prueba en campo (Wood 1982).

Existen dos trabajos independientes que representan un avance concreto en esta dirección, Mathieu *et al.* (1998) y Ortiz *et al.* (2004) evaluaron la producción de volátiles de frutos del café en diferentes estados de desarrollo. En el primero se colectaron los volátiles de tres estados de desarrollo de frutos (baya verde, roja y seca) de *Coffea canephora* var. *robusta* y *Coffea arabica*, detectándose 45 compuestos volátiles en total, correspondientes a cinco grupos químicos: Alcoholes, cetonas/aldehídos, acetatos, terpenos y sesquiterpenos. En *C. canephora* la mezcla de compuestos volátiles producida por los granos se torna más compleja a medida que avanza la maduración, pues mientras que los granos verdes solo producen 8 volátiles, los rojos producen 19 y los secos hasta

29. Un comportamiento similar se observa con la masa total de volátiles liberados por los granos, que se incrementa de 16 ng/baya en los frutos verdes a 382 ng/baya en los rojos y finalmente a 1136 ng/baya en los secos.

También en *C. canephora* se encontró un notable incremento de los terpenos y sesquiterpenos en el estado de baya roja, principalmente α -pineno, β -pineno, myrceno, limoneno, caryophilleno y humuleno, los cuales prácticamente fueron ausentes en las bayas secas. Estas por el contrario, liberaron cetonas, aldehidos, acetatos y alcoholes, siendo los compuestos principales la 2-pentanona, 3-pentanona, hexanal, 2-pentil-acetato, hexanol y metil-silicilato. Es notable la presencia de los terpenoides en las bayas rojas, particularmente los compuestos α -pineno y β -pineno, ya que estos han sido reportados como atrayentes de otros scolytinae. El primero por ejemplo, para *Dendroctonus frontalis* Zimm (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), *Dendroctonus ponderosae* y *Dendroctonus pseudotsugae* (Wood, 1982). El segundo, como estimulante de la oviposición en *Panolis flammea* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera: Noctuidae).

El número de compuestos liberados por *C. arabiga* también se incrementa a medida que los frutos maduran, pero la mezcla es menos compleja que en *C. robusta* (Mathieu et al. 1998). De un único compuesto en las bayas verdes (el limoneno) se da un incremento a 10 compuestos en las rojas y 14 en las secas. La masa total de los volátiles liberados sigue un patrón similar al mencionado para *C. canephora*, pero es notable que el incremento de 6 ng/baya de frutos verdes a 233 ng/baya en frutos rojos se debe casi en su totalidad a un aumento

en la emisión de terpenos. Además, en *C. arabiga* no se detectó liberación de acetatos ni sesquiterpenos y los volátiles de las bayas rojas fueron prácticamente en su totalidad terpenos: limoneno y linalool. En las bayas secas se detectaron principalmente alcoholes (2-pentanol, Isopentanol y 2-heptanol) y a diferencia de lo encontrado en *C. canephora*, los

Actualmente el único atrayente efectivo y que está siendo empleado en campo es la mezcla de etanol-metanol ampliamente mencionada. Sin embargo, varios estudios sugieren que los porcentajes de captura de hembras de *H. hampei* son bajos, y la capacidad de atracción de las trampas en campo es limitada.

terpenos y óxidos de terpenos estuvieron presentes en las bayas secas: linalool, óxido de cis linalool, y óxido de trans-linalool. Para ambas especies puede decirse que las bayas rojas se caracterizaron por su alto contenido de terpenos, mientras que las secas presentaron altos contenidos de productos de oxidación.

Los resultados de Ortiz et al. (2004) se refieren a cuatro estados de maduración del fruto: Verdes, semimaduros, maduros y sobremaduros. Estos autores identificaron muchos más compuestos que Mathieu et al. (1998): un

mínimo de 27 en los frutos verdes y un máximo de 68 en los frutos sobremaduros, aunque ambos trabajos coinciden en que la complejidad de la mezcla de volátiles, así como la masa de la misma se incrementan a medida que se desarrolla el proceso de maduración. En todos los estados de maduración Ortiz *et al.* (2004) encontraron una alta proporción de etanol, que se incrementa a medida que transcurre la maduración y es el compuesto predominante, excepto en el estado sobremaduro. Por otra parte, contrario a lo reportado por Mathieu *et al.* (1998), en el trabajo de Ortiz *et al.* (2004) los monoterpenos se encontraron en cantidades mínimas. Dos de ellos, el β -myrceno y el β -ocimeno se encontraron solamente en los frutos sobremaduros, que como se ha mencionado son los más atractivos, por lo que a pesar de su escasa presencia, estos autores los proponen como candidatos promisorios a evaluar en pruebas de atracción de *H. hampei*, junto con el 3-metilfurano, que no había sido reportado como volátil del café y es más abundante en los granos verdes. Aunque las dos investigaciones citadas han proporcionado información importante acerca de los compuestos que podrían mejorar la atracción hacia las trampas, la literatura solo reporta una investigación en la cual estos resultados hayan sido utilizados para evaluaciones en olfatómetro.

A partir de los resultados de Mathieu *et al.* (1998), Costa (2002) realizó pruebas de laboratorio para evaluar la respuesta de la broca a tres compuestos volátiles hallados en el mencionado trabajo: limoneno, α -pineno y β -pineno, solos y en diferentes mezclas. Estos autores encontraron un claro efecto atractivo del β -pineno sobre las hembras de broca, mientras que el α -pineno,

reportado como atrayente en varios Scolytinae (Czocajlo y Teale 1999; Strom *et al.* 2002) no generó ningún efecto de atracción. En cuanto al limoneno, que se reporta como tóxico para los insectos (Strom *et al.* 2002), parece reducir el efecto atrayente del β -pineno cuando se emplean en mezcla, por lo que Costa sugiere que podría tener un efecto repelente sobre la broca. Debido a lo anterior, el β -pineno podría ser un atrayente promisorio para el trampeo de la broca en campo. La especificidad de los estímulos químicos a los que responden los insectos no necesariamente está dada por uno o unos pocos compuestos muy específicos del hospedero. Puede tratarse de una mezcla de compuestos que aislados son relativamente comunes en muchas plantas, pero que al estar juntos constituyen una combinación de volátiles muy particular. La especificidad de esta mezcla puede ser aún mayor si la respuesta del insecto no solo es función de cuáles compuestos están presentes en la mezcla volátil, sino también de las proporciones de los diferentes compuestos y sus formas enantioméricas (Pureswaran *et al.* 2004; Pureswaran y Borden 2005, Borden *et al.* 1976; Wood *et al.* 1976), con lo cual se genera un enorme número de opciones posibles para la mezcla atrayente, incluso si se trata de pocos compuestos.

Si a lo anterior se suma la posibilidad poco estudiada de una feromona de agregación producida por las hembras de *H. hampei*, puede pensarse que el tema de la atracción química en la broca esta lejos de ser agotado, y por el contrario, aún hay amplias posibilidades de investigación en torno a la obtención de mezclas atrayentes más eficientes que la combinación de metanol y etanol que se emplea en la actualidad (Dufour *et al.* 2004; Barrera *et al.* 2004b).

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Barrera JF, Villacorta A, Herrera J. 2004a. Fluctuación estacional de las capturas de la "broca del café" (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. *entomología mexicana* 3:540-544.
- 2- Barrera jf, Villacorta A, Herrera J, García H, Cruz I. 2004b. Aplicación de trampas para el monitoreo de la broca del café. en: manejo da broca do café. workshop internacional. Londrina. Brasil.
- 3- Barrera JF, Herrera J, Valle J. 2005. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la "broca del café": implicaciones en dispersión y muestreo. *entomología mexicana* 4:542-546.
- 4- Benassi VLRM. 1990. Resultados preliminares da flutuação populacional da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (coleoptera:scolytidae) na região norte do espírito santo. en: xvi congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. trabalhos apresentados. Rio de Janeiro. Brasil. p. 83.
- 5- Borbón MO, Alfaro OM, Oelschläger AM, González LM. 2000. Proyecto de trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto del cafeto, *hypothenemus hampei* l. (Coleoptera: Scolytidae). Memorias xix simposio latinoamericano de caficultura. San José. Costa Rica.
- 6- Borden JH, Chong I, Mcklean JA, Slessor KN, Mori K. 1976. *Gnathotrichus sulcatus*: synergistic response to enantiomers of the aggregation pheromone sulcatol. *Science new series*. 192 no. 4242. p. 894-896.
- 7- Cade SC, Hrutfiord BF, Gara RI. 1970. Identification of a primary attractant for *gnathotrichus sulcatus* isolated from western hemlock logs. *Journal of economic entomology*. 63: 1014-1015.
- 8- Cárdenas RM. 2000. trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). en: Memorias xix simposio latinoamericano de caficultura. San José. Costa Rica.
- 9- Da Silva FC, Ventura MU, Morales I. 2006. Capture of *hypothenemus hampei ferrari* (coleoptera: scolytidae) in response to trap characteristics. *Scientia Agricola (piracicaba)* 63:567-571.
- 10- Dufour B, González MO, Mauricio JJ, Chavez BA, Ramírez R. 2005. Validation of coffee berry borer (cbb) trapping with the brocap trap. en: XX international conference on coffee science. Bangalore. India. p. 1243-1247.
- 11- Elliott HJ, Madden JL, Bashford R. 1983. The association of ethanol in the attack behavior of the mountain pinehole borer *Platypus subgranosus* (Coleoptera: Curculionidae: Platyponidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 22:299-302.
- 12- Giordanengo P, Brun IO, Frerot B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, by coffee berries. *Journal of Chemical Ecology*. 19:763-769.
- 13 González MO, Dufour BP. 2000. Diseño, desarrollo y evaluación del trampeo en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus*

- hampei*. en: XIX simposio latinoamericano de caficultura. Costa Rica.
- 14- Mathieu F, Malosse C, Frérot B. 1998. Identification of volatile components released by fresh coffee berries at different stages of ripeness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:1106-1110.
- 15- Mendoza MJR. 1991. Resposta da broca-do-café, *hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis. Universidad Federal de Viçosa. Brasil.
- 16- Moeck HA. 1970. Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle *Trypodendrum lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). *Can. Entomol.* 102:792-796.
- 17- Moeck HA. 1981. Ethanol induces attack on trees by spruce beetles, *Dendroctonus rufipennis* (coleoptera:scolytidae). *Can. Entomol.* 113:939-942.
- 18- Montgomery ME, Wargo PM. 1983. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hard woods. *J. Chem. Ecol.* 9:181-190.
- 19- Ortiz A, Vega FE, Posada FJ. 2004. Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness, and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 52:5914-5918.
- 20- Prates HS. 1969. Observações preliminares de atração da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) a extratos de frutos de cafeeiro (cereja e verde). 61:13-14
- 21- Pureswaran DS, Borden JH. 2005. Primary attraction and kairomonal host discrimination in three species of *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae). *Agricultural and Forest Entomology.* 7:219-230.
- 22- Pureswaran DS, Gries R, Borden JH. 2004. Antennal responses of four species of tree-killing bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to volatiles from conifers and beetles. *Chemoecology.* 14:59-66.
- 23- Shore TL, Mclean JA. 1983. A further evaluation of the interactions between the pheromones and two host kairomones of the ambrosia beetle *trypodendrum lineatum* and *Gnathotrichus sulcatus* (Coleoptera: Scolytidae). *Can. Entomol.* 115:1-5.
- 24- Syed AL, Graham K. 1987. Response of the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* hopkins to ethanol in a laboratory olfactometer. *Can. Entomol.* 119:489-490.
- 25- Tilles DA, Sjodin K, Nordlander G, Eidmann H. 1986. Synergism between ethanol and conifer host volatiles as attractants for the pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 79:970-973.
- 26 Villacorta A, Possagnolo AF, Silva RZ, Rodrigues PS. 2001. Um modelo de armadilha com semioquímicos para o manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná. en: Simposio de pesquisa dos cafés do Brasil. Vitória. Brasil.
- 27- Wood DL, Browne LE, Ewing B, Lindahl K, Bedard WD, Tilden PE, Mori K, Pitman GB, Hughes PR. 1976. Western pine beetle: specificity among enantiomers of male and female components of an attractant pheromone. *Science New Series.* 192:896-898.