

DISPERSIÓN DE *Phymastichus coffea* EN UN LOTE DE CAFÉ INFESTADO DE *Hypothenemus hampei*

José Daniel Vergara-Olaya*; Jaime Orozco-Hoyos**; Álex Enrique Bustillo-Pardey**;
Bernardo Chaves-Córdoba***

RESUMEN

VERGARA O., J.D.; OROZCO H., J.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Dispersión de *Phymastichus coffea* en un lote de café infestado de *Hypothenemus hampei*. Cenicafé 52(2):104-110.2001

Phymastichus coffea es un endoparásito que ataca adultos de *Hypothenemus hampei*. Se consideró importante estudiar su dispersión en un lote infestado de broca. Se utilizó un lote de café variedad Colombia de 70 x 130m en Sevilla, Valle, a 1.540msnm, con temperatura 20°C en promedio y 70% de HR. Se hizo georeferenciación de la localidad a partir del punto central. Se seleccionaron 89 árboles a diferentes distancias y direcciones y en cada uno se marcó una rama con 30 frutos las cuales se infestaron con 300 brocas utilizando mangas entomológicas. 18 horas después se retiraron las mangas y se liberaron 30.000 adultos del parasitoide desde el punto central. Transcurridos 25 días se recolectaron todos los frutos para extraer las brocas, disecarlas y registrar la presencia de *P. coffea*. Se hizo el análisis mediante geoestadística y se determinaron los semivariogramas del parasitismo, dibujándose los mapas de distribución espacial. Se encontró el parasitoide en el 91,1% de los puntos de muestreo y el parasitismo, en promedio, en el área total fue de 46,67%. La mayor concentración de avispa se encontró entre 0 y 23m del punto de liberación con valores de parasitismo entre 15,38 y 94,74%; sin embargo, entre 23 y 60m hubo parasitismo del 31,29% en promedio, lo cual indica que *P. coffea* localiza su hospedante y puede ser importante en la reducción de niveles de infestación de broca en los sitios donde se concentran sus poblaciones.

Palabras claves: Café, broca del café, control biológico, parasitoides, *Hypothenemus hampei*, *Phymastichus coffea*.

ABSTRACT

Phymastichus coffea is an endoparasitoid recently introduced to Colombia. It attacks the adult female of coffee berry borer *Hypothenemus hampei* as it begins to bore into the coffee berry whilst it is still attached to the plant. Togoese wasp behavior in field is not well known, therefore, this study was focused on *P. coffea* dispersion. The experiment was carried out in 70 x 130m *Coffea arabica* Colombia variety plot located in Sevilla, Valle at 1.540m.a.s.l., average temperature of 20°C and 70% of relative humidity. The experimental plot was geographically referenced from a central point. Eighty-nine coffee plants were selected at different distances and directions. From each tree one branch containing 30 coffee berries was marked and then infested with 300 adult coffee borers, which were released within an entomological sleeve. Eighteen hours later the sleeves were removed and 30,000 adult wasps were released from a reference point. After 25 days all the coffee berries from the marked trees were picked up. The collected adult borers were observed and dissected under the stereomicroscope to register *P. coffea* presence. Data were analyzed by geostatistics, a geographic information system that facilitated drawing maps to observe spatial distribution as well as to determine the parasitism semivariograms. Results showed *P. coffea* presence in 91.1% of the sampling spots trees and average parasitism of 46.67%. The highest parasitoids concentration was within 0 to 23 meters from the reference point with 94.74% to 15.38% of parasitism. However, 31.29% of parasitism was found within 23 to 60 meters of distance, which indicates that *P. coffea* locates its host and can be relevant when reducing *H. hampei* infestation levels where its populations concentrate.

Keywords: Coffee, coffee berry borer, biological control, parasitoids, *Hypothenemus hampei*, *Phymastichus coffea*.

* Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional, sede Medellín.

** Investigador Científico I e Investigador Principal I, respectivamente. Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Investigador Científico I. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Phymastichus coffea es un parasitoide recientemente descubierto en Togo atacando la broca del café (2, 5). Debido a su hábito de atacar a los adultos de broca se considera como un complemento a los programas de control con las especies *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston.

La biología de *P. coffea* ha sido estudiada en laboratorio (4) y en el campo (10). Este parasitoide ha sido introducido a Colombia y se están desarrollando procedimientos para su producción masiva (7) y posterior liberación con fines de introducción en los cafetales colombianos. Antes de su posible liberación, es necesario conocer aspectos fundamentales sobre su dispersión, capacidad de parasitación y adaptación en los nuevos ecosistemas cafeteros. En esta investigación se planteó como objetivo, el análisis de la dispersión del parasitoide en lotes de café infestados por *H. hampei* utilizando técnicas geoestadísticas.

La teoría de la geoestadística surgió como una herramienta que permite analizar interacciones dentro y entre datos referenciados espacialmente. Se usa para cuantificar y correlacionar puntos muestrados espacialmente en un espectro de escalas espaciales. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en petrología y geología.

La mayoría de aplicaciones de la geoestadística en entomología han sido registradas para entomología forestal y problemas en pastos, aunque también ha sido utilizada en conteo de insectos y para cuantificar la variación espacial fenotípica y genotípica, entre y dentro de poblaciones de insectos (6).

Muchos estudios utilizan índices de dispersión para describir patrones espaciales, tales como los coeficientes de Taylor, Lloyds, Iwao y otros. Estos índices se concentran en la frecuencia de distribución de estas muestras pero ignoran la ubicación espacial de las mismas (6). Una

variable regionalizada es una función que describe un fenómeno natural geográficamente distribuido (8), corresponde a una variable que se encuentra en el espacio y que muestra cierta estructura. Para analizar la estructura espacial se puede utilizar la función de semivarianza que es una medida de la similitud entre observaciones a una distancia determinada (8) y se define por la siguiente ecuación:

$$Y(h) = \frac{1}{2} N (Z(x) - Z(x+h))$$

<< 1 >>

En donde:

Y(h) = Semivarianza

N= Número de pares de valores a una distancia dada

Z(x)= Valor de la variable de Z en el sitio (x)

Z(x+h)= Valor de la variable de Z a una distancia (h) del sitio (x)

El gráfico de la semivarianza contra la distancia se conoce como semivariograma (Figura 1), en donde la semivarianza aumenta con la distancia alcanzando un valor más o menos constante. La distancia a la cual se estabiliza la semivarianza se llama alcance, amplitud o rango de dependencia espacial (8). Teóricamente, la semivarianza Y(h) debe ser igual a cero cuando la distancia (h) es igual a cero, pero en la práctica, cuando (h) se aproxima a cero Y(h) se aproxima a un valor positivo llamado efecto “nugget”; este valor revela la discontinuidad del semivariograma cerca del origen a una distancia menor que la distancia de muestreo y ocurre debido a la microvariabilidad de la variable espacial en estudio (9) o a la escala de medición usada. Además, representa la variación aleatoria y es el error de estimación mínimo que existe al hacer la interpolación por la técnica del indicador de variables múltiples “kriging”. Los semivariogramas se pueden ajustar por varios

modelos: lineal/sill, lineal, esférico, exponencial, gaussiano y otros (9). El criterio que permite seleccionar el mejor ajuste es el coeficiente de determinación más alto y la menor suma de cuadrados del error. Mediante el método de interpolación por kriging por bloques se elaboran diagramas de contornos precisos para variables distribuidas espacialmente. El método de interpolación kriging usa el grado de autocorrelación entre muestras adyacentes y estima valores para coordenadas dentro del dominio sin sesgo y con mínima varianza; por tanto, permite visualizar la distribución de variables espaciales con gran precisión².

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un lote de café variedad Colombia (zoca en segunda cosecha) con 7.700 árboles y topografía ondulada, ubicado en la Concentración Escolar “Heraclio Uribe Uribe” del municipio de Sevilla, Valle, a 1.540msnm.

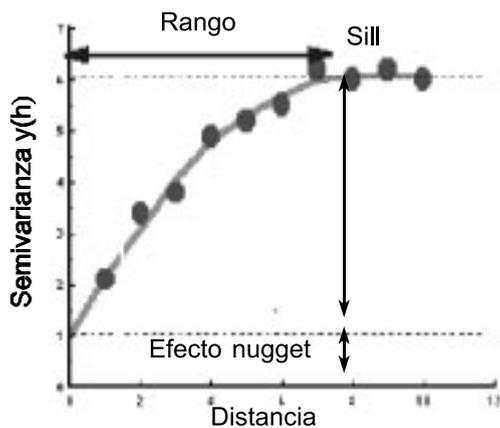


Figura 1. Descripción teórica de la estimación del semivariograma usando la geostatística.

El material biológico de adultos recién emergidos de *H. hampei* y *P. coffea* se obtuvo en la unidad experimental de cría de parasitoides de Cenicafé. Éstos se colectaron en tubos de rollos fotográficos con papel picado y tapados con muselina. Los parasitoides se transportaron en frascos de conserva con un trozo de papel en su interior para evitar su aglomeración.

El lote utilizado contaba con un nivel de infestación natural del 13% el cual se georeferenció y sobre los ejes (N, S, E, W, NE, NW, SE, SW) se seleccionaron 89 árboles a distancias conocidas del punto central (punto de liberación) (Figura 2). En cada uno se escogió una rama productiva de la parte media con 30 frutos. Utilizando la metodología de mangas entomológicas propuesta por Villalba *et al.* (11), se infestó con 300 brocas adultas, en horas de la tarde (16:00 a 18:00). Veinticuatro

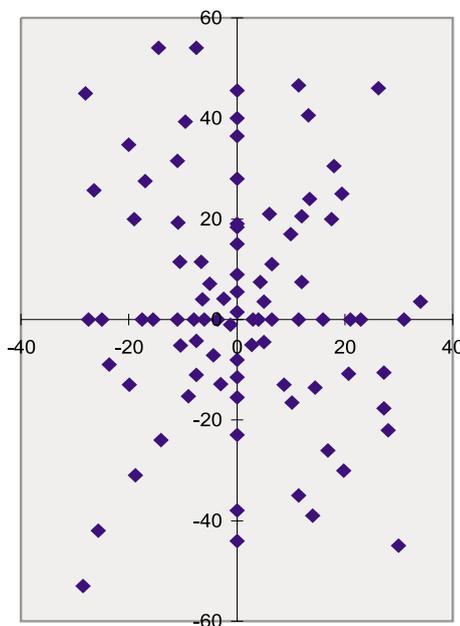


Figura 2. Disposición de los puntos de muestreo dentro del lote de café en cual se hizo la liberación de *Phymastichus coffea*.

²Chaves, B. Teoría y aplicación a la variabilidad de algunas propiedades agronómicas. Cenicafé. Informe anual de actividades 1994-1995.

horas después de la infestación se retiraron las mangas entomológicas e inmediatamente se liberaron desde el punto central del lote 30.000 individuos adultos de *P. coffea*. Para liberar el parasitoide se dejaron destapados los frascos permitiendo que los parasitoides lo evacuaran (Figura 3).

Veinte días después de la liberación de *P. coffea* se colectaron los frutos de las ramas marcadas. Éstos se almacenaron en bolsas plásticas marcadas teniendo en cuenta su ubicación dentro del lote y se transportaron en neveras de icopor hasta el laboratorio de Patología de Insectos de Cenicafé donde se realizó la disección de los mismos. Las brocas encontradas se disecaron y se evaluó el

parasitismo ocasionado por *P. Coffea*. Al igual que en las actividades anteriores, se tomaron los datos del número de estados del parasitoide por broca y de las condiciones climáticas. Se evaluó la velocidad y dirección del viento en el punto de liberación al momento de ésta, y durante los 3 días siguientes en el siguiente horario: 06:00 a 08:00; 12:00 a 14:00 y 16:00 a 18:00. Para evaluar la velocidad del viento se utilizó un anemómetro colocado a una altura de dos metros de altura sobre el suelo y con la ayuda de un nebulizador de agua se observó la dirección del viento (Figura 4). Para realizar el análisis estadístico (3), se utilizó el programa GS+ (Gamma Design Software) Version 2.1, el cual proporciona las herramientas necesarias para identificar, cuantificar e ilustrar las

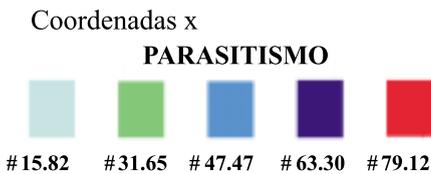
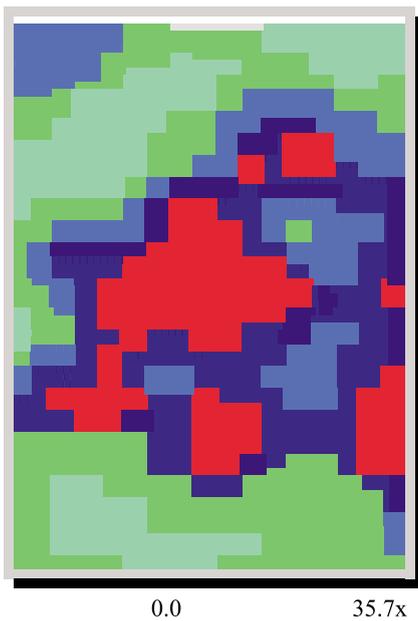


Figura 3. Mapa de dispersión de *Phymastichus coffea* en un lote de café infestado por *Hypothenemus hampei*.

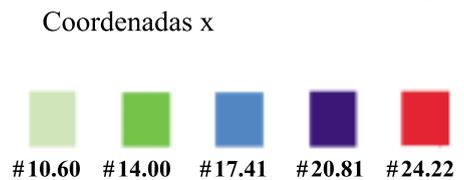
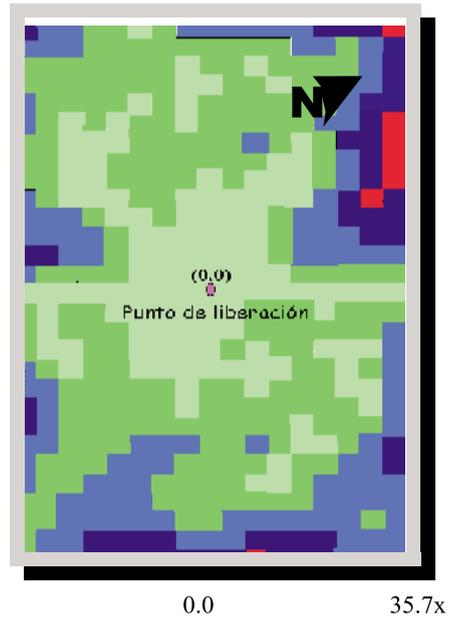


Figura 4. Desviación estándar de la dispersión de *Phymastichus coffea* en el lote experimental.

relaciones espaciales en datos georeferenciados (dispersión y parasitismo de *P. coffea*).

El programa GS+ analiza los datos por autocorrelación espacial y realiza mapas del parasitismo en todo el lote interpolando a través de kriging.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de infestar artificialmente el lote con la broca utilizando mangas entomológicas, se obtuvo un porcentaje de infestación de 87,24% y un promedio de 1,8 brocas por fruto; esto garantizó una buena cantidad de adultos de *H. hampei* aptos para ser parasitados por *P. coffea*.

Al disecar los frutos provenientes de los puntos muestreados en el lote se encontraron individuos adultos de *H. hampei* parasitados por *P. coffea* en el 91,1% de los sitios de muestreo, los cuales estaban localizados a diferentes distancias y direcciones con relación al punto de liberación para un promedio de parasitismo en el área del experimento de 46,67%. De las brocas disecadas se encontró una con 23 larvas de *P. coffea* en su interior.

Los semivariogramas generados con el programa GS+ fueron de tipo isotrópico, lo cual indica una variación uniforme del parasitismo en un radio X dentro del lote, presentándose dos modelos ajustables: esférico y gaussiano, los cuales tuvieron coeficientes de determinación (r^2) de 0,952.

El modelo esférico isotrópico es representado por la siguiente ecuación:

$$g(h) = C \left\{ \frac{3h}{2a} - \frac{(h^3)}{(2a^3)} \right\} + C_0$$

para $h \leq a$

$$g(h) = C + C_0 \text{ para } h > a$$

<< 2 >>

Donde:

- h**= Intervalo lag
- C₀** = Varianza nugget ≤ 0
- C** = Varianza estructural ≤ 0 C₀
- a** = Rango

El modelo gaussiano se representa por la siguiente ecuación:

$$g(h) = C_0 + C (1 - \exp(-h^2/a_0^2))$$

<< 3 >>

Donde:

- h** = Intervalo lag
- C₀** = Varianza nugget ≤ 0
- C** = Varianza estructural ≤ 0 C₀
- A₀** = Parámetro de rango

El análisis de variación espacial presentó para el semivariograma de modelo esférico un rango de 55,9m y para el gaussiano un rango de 45,6m. En ambos modelos dentro de estos rangos, se observa dependencia espacial del parasitismo presentado por *P. coffea* sobre adultos de *H. hampei*. La mayor concentración de avispas se encontró en un radio entre los 0 y 23m a partir del punto de liberación en todas las direcciones, con parasitismo entre 15,38 y 94,74%; sin embargo, en el radio de 23 a 60m se encontraron valores de parasitismo de 31,29%, lo cual indica una buena capacidad de dispersión del parasitoide dentro del área muestreada. Discriminando los porcentajes de parasitismo encontrados dentro del lote cada 10m de radio a partir del punto de liberación, se encontró que de 0 a 10m y de 10,1 a 20m se presentan los mayores promedios de parasitismo con un 60,74 y 62,27%, mientras que desde 20,1 a 54m, ocurrió un promedio de parasitismo de 28,14% (Tabla 1).

Se presentó varianza nugget (14,51 y 24,32%) para los modelos esférico y gaussiano,

respectivamente. Esta es atribuible a la variación aleatoria y a la variación en la distancia entre los puntos de muestreo y se denomina para este caso nugget humano.

En los mapas de dispersión de *P. coffea* en el campo generados por la técnica de interpolación kriging por bloques y basados en el parasitismo encontrado sobre la broca del café se observan diferentes concentraciones, con porcentajes que oscilan entre 15,82 y 79,12. El parasitoide presentó tendencia a dispersarse en todo el lote, concentrándose cerca del punto de liberación pero en dirección oeste y norte, lo cual puede ser atribuido a la dirección general del viento durante los tres días posteriores a la liberación del parasitoide (Tabla 2).

Hubo desviación estándar de 10,60 en las zonas de mayor parasitismo, mientras que en las de menor parasitismo la desviación fue 24,22.

Según los resultados obtenidos por Aristizábal (1), en estudios de dispersión del parasitoide *C. stephanoderis*, en los cuales se realizaron 3 liberaciones diferentes, se encontró que cuando se liberaron 25.000 avispidas en relación 3:1 (avispa: fruto brocado) el parasitoide se dispersó en forma irregular, concentrándose cerca del punto de liberación pero alejándose hasta 35m, presentando dependencia espacial hasta los 20m con parasitismo entre 10 y 50%, mientras que a distancias mayores a 20m el parasitismo fue 7,75%, en promedio. Cuando se liberaron 22.000 avispidas en relación 4:1 se observó

Tabla 1. Porcentajes de parasitismo de *Phymastichus coffea* presentados dentro del lote con muestreo a diferentes distancias del punto de liberación.

Distancia (m)	Sitios de muestra N	% infestación por broca	% parasitismo por <i>P. coffea</i>
0-10	21	89,24	60,74
10,1-20	25	87,10	62,72
20,1-30	20	83,84	37,36
30,1-40	12	90,55	24,62
40,1-54	11	86,35	27,49

Tabla 2. Velocidad y dirección del viento durante tres días posteriores a la liberación de *Phymastichus coffea*.

Día	Hora	Velocidad (m/s)	Dirección
1	06:00 a 08:00	0,30	Sur-oriente
	12:00 a 14:00	0,48	Sur-occidente
	16:00 a 17:00	0,89	Norte
	06:00 a 08:00	0,54	Norte
2	12:00 a 14:00	0,94	Norte
	16:00 a 17:00*	*	*
	06:00 a 08:00	0,65	Nor-oriente
3	12:00 a 14:00	0,53	Nor-occidente
	16:00 a 17:00	0,72	Sur-oriente

* No se realizaron mediciones debido a condiciones climáticas adversas

dependencia espacial hasta los 28m, con promedios de parasitismo en el lote entre 10 y 30%. Una última liberación inundativa realizada en 11 puntos dentro del lote con un total de 330.000 avispas en relación 3:1, mostró un rango de dependencia espacial de 96m con parasitismo entre 17 y 50%. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el actual estudio se observa que *P. coffea* posee mayor capacidad de dispersión en lotes infestados con *H. hampei*, teniendo en cuenta la cantidad de parasitoide liberada y conociendo que presenta un radio de dependencia espacial entre 45,49 y 55,9m a partir del punto de liberación con parasitismos entre 15 y 95% y de 23 a 60m con 31% en promedio, aunque al igual que para *C. stephanoderis* el parasitoide se concentra en un radio de 23m.

Phymastichus coffea tuvo buena capacidad de dispersión en lotes de café infestados por *H. hampei*, y presentó para el semivariograma de modelo esférico un rango de 55,9m y para el gaussiano un rango de 45,6m. En ambos modelos dentro de estos rangos se observa dependencia espacial del parasitismo. Sin embargo, la mayor actividad del parasitoide se encontró hasta los 23m a partir del punto de liberación con valores de parasitismo entre 15 y 95%.

La capacidad de dispersión y los porcentajes de parasitismo encontrados en las condiciones de los diferentes experimentos indican el valor potencial de *P. coffea* para reducir poblaciones de adultos de *H. hampei* en lotes de café infestados.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo contiene resultados obtenidos en el marco del convenio para el Manejo Integrado de la Broca del Café celebrado entre el ICO, CFC y FEDERACAFÉ

LITERATURA CITADA

1. ARISTIZÁBAL, L. F. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1995. 129 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo)
2. BORBÓN, O. Bioecologie d'un ravageur des bajes de cafeier, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) et de ses parasitoïdes au Togo. Toulouse, L'Universite Paul-Sabatier de Toulouse, 1989. 185p. (These du Doctorat)
3. GS+. Geostatistics for the enviromental sciences. Version 2.1. Plainwell, Gamma Design Software, 1993.
4. INFANTE, F.; MURPHY, S. T.; BARRERA, J. F.; GOMEZ, J.; ROSA, W. DE LA.; DAMON, A. Cría de *Phymastichus coffea* parasitoide de la broca del café y algunas notas sobre su historia de vida. Southwestern Entomologist 19(3): 313-315. 1994.
5. LA SALLE, J. I A new genus and species of Tetrastichinae (Hym: Eulophidae) parasitic of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research 80(1): 7-10. 1990.
6. LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistics and geographic information system in applied insect ecology. Annual Review of Entomology 38: 303-327. 1993
7. OROZCOJ., J.; ARISTIZÁBAL, L. F. Parasitoïdes de origen africano para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 223:1-8. 1996.
8. OVALLES V., F. A.; NÚÑEZ U., M. C. Métodos estadísticos para evaluar la variabilidad de suelos dentro de unidades de capacidad de uso en la depresión del lago Valencia. *Agronomía Tropical* 44(1): 23-40. 1994
9. TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy* 38: 45-94. 1985
10. VERGARA O., J. D.; Orozco H. J.; BUSTILLO P., A. E.; CHAVES C., B. Biología de *Phymastichus coffea* en condiciones de campo. *Cenicafé* 52(2): 5-11. 2001
11. VILLALBA, D. A.; BUSTILLO, A. E.; CHAVES, B. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Cenicafé* 46(3): 152-163. 1995