

Nota Técnica

MONITOREO DIGITALIZADO DE *Hypothenemus hampei* Ferrari 1867 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL PARQUE NACIONAL TEREPAIMA, ESTADO LARA, VENEZUELA

Alián Suárez¹, Norayda Arrieche¹ y Ramón Paz²

RESUMEN

El monitoreo digitalizado del porcentaje de infestación y número de brocas por trampa (NBT) representa una herramienta importante para la correcta planificación y ubicación de las trampas para la captura de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, razón por la cual se llevó a cabo este trabajo en la finca El poterito del Parque Nacional Terepaima. La investigación consistió en la colocación de 30 trampas artesanales distribuidas de manera uniforme y equidistantes entre sí, a 25 m dentro del cafetal, las cuales fueron revisadas con una frecuencia mensual durante un ciclo de cultivo. Los datos fueron analizados a través del Programa ArcGIS versión 9.3 utilizando el método de kriging. Se determinó que los valores de porcentaje de infestación de *H. hampei* durante el ciclo presentaron un incremento de 10 % como consecuencia del aumento de la densidad poblacional de la broca en campo. El valor máximo del NBT (539,6) obedeció a la emergencia masiva de brocas adultas en tránsito, relacionado con los picos de lluvias. El análisis geoestadístico del porcentaje de infestación y NBT indicó que su comportamiento se puede explicar a través de un modelo exponencial, con una confiabilidad aceptable, ya que el efecto *nugget* (efecto pepita) en ambos casos fue menor del 50 %.

Palabras clave adicionales: Broca del café, distribución espacial, trampas artesanales

ABSTRACT

Digitized monitoring of *Hypothenemus hampei* Ferrari 1867 (Coleoptera: Curculionidae) in the National Park Terepaima, Lara State, Venezuela

The digitized monitoring for the percentage of infestation and number of berry borers per trap (NBBT) represents an important tool for the correct planning and location of the traps in the field for the capture of the insect *Hypothenemus hampei*. For this reason, this work was carried out in the farm El Potrerito in the Terepaima National Park. The investigation consisted in the placement of 30 homemade traps, distributed uniformly and located 25 m apart each other inside the coffee plantation. The traps were monitored in a monthly frequency during a cycle of the crop. The information was analyzed using the method of kriging of the ArcGIS program, version 9.3. The infestation percentage of *H. hampei* presented an increase of 10 % during the cycle as a consequence of the increase of the population density of the berry borer in the field. The maximum value of the NBBT (539.6) was due to the massive emergency of adult borers in traffic, related with the rain peaks. Geostatistical analysis of the infestation percentage and NBBT indicated that this behavior may be explained by an exponential model, with acceptable reliability, since the nugget effect in both cases was less than 50 %.

Additional key words: Coffee berry borer, spatial distribution, homemade traps

INTRODUCCIÓN

Entre las principales limitantes biológicas que afectan la caficultura venezolana se encuentra la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867.) Este

insecto tiene la capacidad de disminuir el rendimiento hasta en un 100 % (Wegbe et al., 2003), ya que la hembra puede dañar el fruto perforándolo hasta la semilla. Por esta razón, el control eficiente de la broca requiere de un manejo

Recibido: Febrero 2, 2013

Aceptado: Julio 16, 2013

¹ Dpto. Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela. email: suarez.alian@gmail.com ; nyance@ucla.edu.ve

² Dpto. Tecnología Agropecuaria, Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela. e-mail: ramonantonio.paz374@gmail.com

integrado que conjuge técnicas culturales, biológicas y etológicas.

Recientemente, una de las herramientas más importantes dentro del manejo integrado de plagas (MIP) la constituye el muestreo digitalizado, siendo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) una de las herramientas computarizadas más importantes para la recolección de datos en general y más aún en aquellos sistemas de producción ubicados en Parques Nacionales, áreas protegidas y/o sistemas forestales (García et al., 2004; Niño et al., 2008).

Para la realización del análisis se requiere de una herramienta conocida como semivariograma, el cual puede alcanzar un valor límite, denominado meseta, que se alcanza para una distancia conocida como rango o alcance. El rango determina la zona de influencia en torno a un punto, más allá del cual, la autocorrelación es nula. El semivariograma representa la tasa media de cambio de una propiedad con la distancia. En el semivariograma existe una propiedad conocida como efecto pepita (efecto *nugget*), que constituye una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen. Una vez que se han definido los puntos y se ha generado el semivariograma experimental, es necesario ajustar los datos a un modelo, al cual se denomina semivariograma teórico. Los modelos más comunes para explicar el comportamiento de una variable en estudio son esférico, exponencial, gaussiano, potencial y lineal. La elección del modelo se basa en la confiabilidad de los datos y el valor del efecto pepita debe ser menor del 50 % (García et al., 2004).

La importancia de este estudio se enfatiza por la presencia de varios sistemas de producción de café dentro del PN Terepaima, para orientarlos a reducir el impacto negativo de las prácticas agrícolas sobre el ambiente y a la vez disertar sobre los factores que han alterado el medio y cuáles serían sus consecuencias a futuro, razones por las cuales se propone el uso del monitoreo digitalizado como una alternativa dentro del manejo integrado de la broca.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el nivel de infestación y fluctuación del número de brocas durante el período lluvioso mediante monitoreo digitalizado de un área productora de café en el Parque Nacional Terepaima.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca El Potrerito (9°57' N y 69°17' W; 1200 msnm) del Parque Nacional Terepaima, municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. Se seleccionó un área de 10 ha de café variedad Caturra, que constó de dos parcelas: una de 8 ha de 12 años y otra de 2 ha de 5 años de edad, con una densidad de siembra de 3000 plantas-ha⁻¹.

Se realizó un total de nueve muestreos entre febrero y octubre de 2011, con una frecuencia mensual y bajo un diseño completamente al azar. Se seleccionó un área de la finca donde de manera sistemática se seleccionaron 24 puntos equidistantes a 25 m y en cada uno se evaluó el porcentaje de infestación (inicial en febrero y final en octubre) y el número de brocas por trampa (NBT) (desde marzo hasta octubre).

En cada punto se seleccionó una rama productiva y se contó el número total de frutos y el número de frutos brocados (infestados por *H. hampei*), para obtener la relación porcentual. Asimismo, se tomaron datos de latitud, longitud y altitud, utilizando un GPS.

Las trampas artesanales fueron construidas siguiendo la metodología empleada por Fernández y Cordero (2005) usando envases de plástico transparente de 2 L de capacidad, con tres aberturas de 6 x 6,5 cm cada una. Cada trampa fue provista de un atrayente que consistió en una mezcla de alcoholes (metanol:etanol en proporción 3:1), y en la parte inferior se colocó una solución jabonosa y salina. Con ayuda de mecatillo se procedió a colocar las trampas en cada uno de los 24 puntos de muestreo, ubicadas a 1,5 m desde el suelo.

El conteo de brocas por trampa se realizó mensualmente para un total de ocho muestreos de marzo a octubre. En cada conteo se procedió a retirar la tapa del envase para dejar salir la solución jabonosa que contenía las brocas muertas y con ayuda de una lupa manual se realizó el conteo del número de brocas en cada trampa.

Se obtuvieron y graficaron los datos de precipitación mensual, los cuales fueron suministrados por la estación climatológica más cercana, es decir, la estación Lisandro Alvarado, ubicada a 7 km del sitio de muestreo.

Los resultados de la variable NBT fueron transformados según log (n+1), para alcanzar la

normalidad de los datos; ésta fue evaluada utilizando la prueba de Wilk-Shapiro (W) del programa Statistix versión 8.0.

Para la construcción de los mapas digitales, los datos de las variables evaluadas fueron analizados a través del Programa ArcGIS versión 9.3 utilizando la herramienta del krigeado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de Infestación de *H. hampei*. Los porcentajes de infestación inicial y final fueron $14,13 \pm 8,04$ y $24,13 \pm 6,02$, respectivamente, cifras que se encuentran por encima del umbral de referencia de la broca del café establecido en 5 % por ICAFE (1989).

Se observó un incremento del 10 % en los valores del porcentaje de infestación de la broca entre los valores inicial y final, lo cual podría explicarse por el aumento de las poblaciones de

broca en el cafetal, producto del inicio del período de lluvias; aunado al manejo en la regularización de la sombra en la finca. Esto coincide con lo señalado por Barrera et al. (2004) quienes indicaron que la incidencia de las primeras lluvias induce la nueva floración del café y a su vez promueve la emergencia masiva de las hembras desde los frutos secos en busca de nuevos frutos para colonizar.

Mapeo digitalizado para el porcentaje de infestación. Los valores de la prueba W del porcentaje de infestación tendieron a 1, indicando que los datos siguen una distribución normal. A su vez, el porcentaje de infestación se ajustó a un modelo exponencial (Cuadro 1), o sea que la dependencia espacial mostró un crecimiento exponencial respecto a la distancia entre las observaciones. Este tipo de crecimiento se evidenció tanto en el muestreo inicial como en el final.

Cuadro 1. Parámetros geostatísticos para los modelos teóricos de la semivarianza ajustados al semivariograma experimental del porcentaje de infestación en los muestreos inicial y final

Muestreo	Rango (m)	Efecto pepita	Meseta total	Pepita/meseta (%)	Modelo
Inicial	28,15	0	276,61	0	Exponencial
Final	32,45	0	299,47	0	Exponencial

Igualmente, al observar los valores de cero del efecto pepita para el porcentaje de infestación inicial y final, se puede afirmar que la variabilidad de los datos tiende a cero cuando se encuentra en el origen. Esto se corrobora por el valor porcentual de la relación de los efectos pepita y meseta, el cual es menor de 50 % (Giraldo, 2003). La dependencia de la variable porcentaje de infestación en relación con la distancia de dispersión, estuvo en un rango comprendido entre 28,15 a 32,45 m. A partir de estos valores, la curva del semivariograma se hace asintótica, en donde se pierde la dependencia de la variable a una distancia determinada.

Los mapas digitalizados del porcentaje de infestación inicial y final de la broca muestran la estimación de la variable en todos los puntos de la parcela (Figura 1). Estos mapas corroboran la distribución agregada de la broca del café, con tendencias máximas hacia los linderos con la carretera (patrón de distribución agregada hacia dichos linderos), los cuales constituyen los puntos de mayor cota de elevación y mayor infestación (señalado en los óvalos), disminuyendo a medida

que se avanza hacia el centro del cultivo. Esto significa que las brocas colonizan las primeras plantas y a medida que llegan más individuos aumenta su población en los bordes de la parcela.

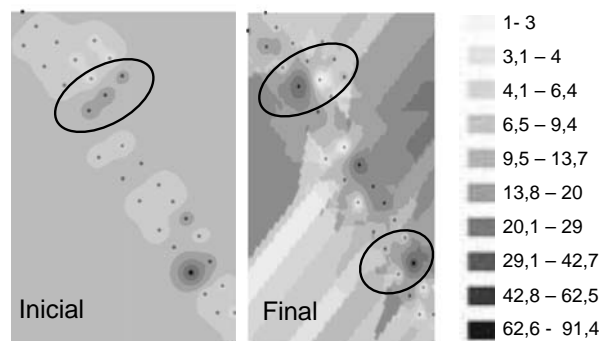


Figura 1. Mapas digitalizados de los porcentajes inicial y final de infestación de la broca del café en el Parque Nacional Terepaima, estado Lara, Venezuela

Número de brocas por trampa (NBT). El mínimo valor obtenido de brocas por trampa fue de 114,6 y ocurrió en el mes de julio, mientras que los máximos valores fueron 539,6 y 399,5

observados durante los meses de abril y octubre, respectivamente (Figura 2). En esta figura se observa que los máximos valores de NBT coincidieron con los dos picos de lluvias de abril y octubre, lo cual se corresponde con lo reportado por Barrera et al. (2004), Bustillo et al. (1998) y Cárdenas (2000), quienes afirman que las lluvias estimulan la emergencia de las brocas hacia los cafetales.

Es de destacar que el desarrollo fenológico del fruto también juega un papel importante en el NBT, tal como lo afirman Prates (1969) y Cárdenas (2000), quienes encontraron que la presencia de frutos apetecibles a la broca en campo, disminuye la captura en las trampas.

Mapeo Digitalizado para el NBT. Los valores de NBT siguieron una distribución normal (valor de W tiende a 1) y se demostró que los mismos se ajustaron al modelo exponencial (Cuadro 2), de forma similar a lo observado con el porcentaje de infestación. El crecimiento exponencial del NBT se atribuye a que la ocurrencia de las primeras lluvias sirve de estímulo para el crecimiento

acelerado de las poblaciones de broca según lo afirman Barrera et al. (2004).

La dependencia del NBT con relación a la distancia de dispersión estuvo en un rango comprendido entre 207,03 a 558,4 m, y dado que la relación efecto pepita/meseta no es superior al 50 %, se establece la confiabilidad de los datos.

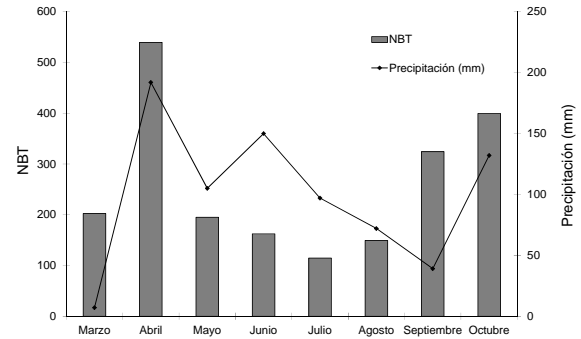


Figura 2. Fluctuación mensual del número de brocas por trampa (NBT) en el Parque Nacional Terepaima, estado Lara, Venezuela, con respecto a la precipitación del mismo período

Cuadro 2. Parámetros geoestadísticos para los modelos teóricos de la semivarianza ajustados al semivariograma experimental del número de brocas por trampa

Muestreo	Rango (m)	Efecto pepita	Meseta total	Pepita/meseta (%)	Modelo
Marzo	224,76	0,208	0,774	26,87	Exponencial
Abril	207,03	0,326	0,762	42,78	Exponencial
Mayo	517,92	0,045	0,247	18,22	Exponencial
Junio	558,40	0,14	0,279	50,17	Exponencial
Julio	520,02	0,049	0,161	30,43	Exponencial
Agosto	545,11	0,059	0,144	40,97	Exponencial
Septiembre	235,27	0,015	0,037	40,54	Exponencial
Octubre	503,28	0,037	0,085	43,52	Exponencial

En la Figura 3 se aprecia la variación en el patrón de distribución para la variable NBT y se observa una tendencia hacia la agregación, es decir, una población cuya distribución es agregada o en focos. Estos resultados confirman lo mencionado por Decazy (1990) y Barrera et al. (2004), quienes indican que la distribución espacial de la broca dentro de los cafetales ocurre en focos o manchones de infestación, los cuales están relacionados con diversos factores, entre ellos la existencia de sombra.

La Figura 3 señala que el área de muestreo está dividida en dos zonas en función de los puntos

más altos, la edad del cultivo y la cobertura de la vegetación. La zona denominada B es la de mayor elevación, con cafetos de 12 años de edad y mayor cobertura vegetal, por lo que esta zona presenta un microclima más húmedo (92,4 % HR). Se observa como los manchones más oscuros determinan la mayor concentración de broca dentro del cafetal. Así, en el primer muestreo, el área de mayor concentración de broca estuvo ubicada hacia la zona A y a medida que se fue avanzando en los muestreos las poblaciones de broca se desplazaron hacia la zona B. Esto coincide con lo mencionado por Bustillo et al. (1998) quienes consideran que

la humedad ejerce un efecto importante sobre la broca, ya que a bajos niveles de humedad relativa aumenta la mortalidad de este insecto mientras que la fecundidad más alta ocurre en ambientes de 90 a 98,5 % HR, lo que se corresponde con condiciones de sombra.

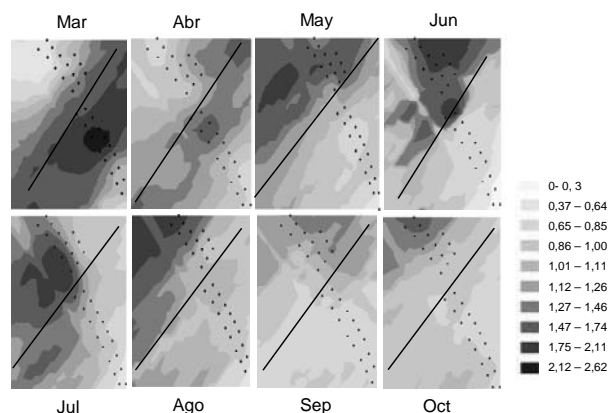


Figura 3. Mapas digitalizados de la fluctuación del número de brocas por trampa en el Parque Nacional Terepaima, estado Lara, Venezuela. En cada recuadro, la diagonal separa la zona A (arriba) y zona B (abajo)

CONCLUSIONES

La infestación inicial (febrero) de *H. hampei* fue de 14,13 % y presentó un incremento de 10 % al final de la evaluación (octubre) debido al aumento de la densidad poblacional de la broca en campo.

El valor máximo obtenido para el número de brocas capturadas en trampa (539,6 brocas) obedeció a la emergencia masiva de brocas adultas en tránsito, y estuvo relacionado con los picos de lluvia.

El modelo de distribución espacial de la broca del café obedece a una distribución agregada, donde se observaron focos en los bordes de las parcelas, con tendencia a disminuir hacia el centro del cultivo.

AGRADECIMIENTO

A Ismael Hernández por permitir realizar este trabajo en su finca. A Baudilo Almao e Isidro Almao por su excelente labor. A Ana María Bora, Héctor Rivera y Marcos Amaya por su colaboración. Al CDCHT de la UCLA por el financiamiento del proyecto 019-AG-2007.

LITERATURA CITADA

- Barrera, J., A. Villacorta y J. Herrera. 2004. 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.
- Borbón, 1991. La broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867). Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). San José, Costa Rica. p. 48.
- 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. *Cenicafé, Chinchiná, Colombia*. 133 p.
- Cárdenas, R. 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Memorias del XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). San José, Costa Rica. pp. 369-379.
- Decazy, B. 1990. Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del Cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Conferencia Conmemorativa 50 Años de Cenicafé (1938-1988)*. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. pp. 133-139.
- Fernández, S. y J. Cordero. 2005. Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para el monitoreo y control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Bioagro* 17(3): 143-148.
- García, J., A. Rodríguez, A. Arranz, J. De la Cruz y F. Honorio. 2004. Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. *Bol. San. Veg. Plagas* 30: 733-744.
- Giraldo, R. 2003. Introducción a la Geoestadística. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 94 p.
- ICAFFE (Instituto del Café). 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café.

- Programa Cooperativo ICAFE-MAG. San José, Costa Rica. 87 p.
10. Niño, L. 2008. Uso de la función semivariograma y estimación Kriging en el análisis espacial de un indicador entomológico de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Biomédica* 28: 578-586.
11. Prates, H. 1969. Observações preliminares de atração da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) a extratos de frutos do cafeeiro (cereja e verde). *O Solo* 61: 13-14.
12. Wegbe, K., C. Cilas, B. Decazy, C. Alauzet y B. Dufor. 2003. Estimation of production losses caused by the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and calculation of the economic damage threshold in Togolese coffee plots. *Journal of Economic Entomology* 96(5): 1473-1478.