

EVALUACIÓN DE UN MÉTODO DE MUESTREO PARA ESTIMAR LA INFESTACIÓN DE *Hypothenemus hampei*

Esther Cecilia Montoya Restrepo*; Lucelly Orozco Gallego.**

RESUMEN

MONTOYAR., E. C.; OROZCO G., L. Evaluación de un método de muestreo para estimar la infestación de *hypothenemus hampei*. Cenicafé 56(3):237-249. 2005.

Se evaluó un método para determinar la infestación causada por la broca del café, que consiste en recorrer el lote, inspeccionar visualmente cada cincuenta árboles y contabilizar los árboles con broca, para estimar la infestación en el lote y en el café en almendra. El estudio se realizó en las Subestaciones de Cenicafé La Catalina (Risaralda) y El Tambo (Cauca), en seis lotes, durante tres meses. Como mínimo en el 75% de los casos, la estimación obtenida con el método, fue igual, estadísticamente, a la obtenida bajo el muestreo aleatorio simple y con respecto a éste los costos se redujeron en más del 87%. El método se complementó con respecto a la clasificación visual del porcentaje de ramas con frutos perforados, con información registrada en cinco lotes, en tres localidades. El método así ajustado, evaluado por 27 caficultores bajo la modalidad de investigación participativa, mostró que en el 71% de los casos la infestación real en café almendra estuvo por debajo del límite superior de la estimación del parámetro. La probabilidad de éxito de éste método de muestreo es al menos del 75%, para errores de estimación menores del 20% y con un tiempo medio en su aplicación por lote entre 50 y 90 minutos.

Palabras clave: Broca del café, evaluación de infestación, muestreo, clasificación visual, investigación participativa.

ABSTRACT

A sampling method was designed in order to calculate the infestation threshold of coffee berry borer "broca". The plan consisted in crossing the whole coffee plot, making a visual inspection every fifty trees and considering the number of infested coffee trees. The infestation of the coffee plot and green coffee was based on the number of trees infested with "broca". This research was carried out during 3 months in 6 coffee plots at the experimental fields La Catalina and El Tambo, both belonging to Cenicafé. The sampling method here proposed was statistically equal in at least 75% of cases to the estimation obtained under a simple random sampling, and the cost was reduced more than 87% with respect to the simple random sampling. The sampling method was fit in three locations with five plots per locations and three evaluations per month. The results allowed the quantification of the amount of branches with bored berries through out visual classification. In addition, 27 coffee growers from the region tested the sampling method and the results showed that in 71% of the cases, the true infestation in the green coffee was similar to the coffee infestation estimated by the proposed sampling method. The success rate of this sampling method was at least 75% with respect to the true infestation, with sampling errors lower than 20% and a time frame of 50 to 90 minutes per evaluation.

Keywords: Coffee berry borer, infestation, sampling design, visual classification, participative research.

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

** Investigador Científico II, hasta el año 1999. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Los niveles de infestación de broca (*Hypothenemus hampei*), son difíciles de estimar por la distribución agregada de este insecto y la heterogeneidad de las plantaciones. Ante esta situación son muchos los planes de muestreo propuestos, pero ninguno ha tenido aceptación unánime y no se especifica en ellos la probabilidad de éxito en la estimación; es así como Bromaw de Miré, citado por Rémond *et al.* (6), prefiere un muestreo aleatorio puro y Decazy *et al.* (3), prefieren un muestreo sobre sitios conformados por cinco árboles seguidos, de los cuales se toman en total 100 frutos. Rémond *et al.* (6), encontraron que el porcentaje de árboles para conformar la muestra para estimar el porcentaje de frutos perforados, el número de frutos atacados y el número total de frutos, es de 50,1; 33 y 6,7%, respectivamente; y proponen para estimar el porcentaje medio de frutos perforados por árbol, tomar como muestra el 3,3% de los árboles de la población y en ellos evaluar todas las ramas con frutos.

No se encuentran en la literatura registros de costos asociados a la aplicación de los planes de muestreo para broca. En algunos estudios realizados en Cenicafé se evaluaron los costos de la aplicación del método de muestreo de las treinta ramas por hectárea (1), y se observó que hacerlo implica un tiempo medio de 38 minutos, representando aproximadamente un costo de \$1.000 pesos colombianos¹.

Montoya (4), en un experimento previo sobre muestreo de broca, mostró que para niveles bajos de infestación existe una alta variabilidad asociada a los promedios. Esto hace que por los métodos clásicos de muestreo, fijado un error sobre el promedio menor del 20%, el número de árboles y de ramas

utilizados como muestra sea grande, lo cual haría esta labor costosa y dispendiosa.

Con base en los resultados obtenidos por Montoya (4, 5), se diseñó un plan de muestreo para estimar la infestación media por árbol y la infestación del lote, sin tener que contar los frutos, con el fin de ofrecer al caficultor alternativas para determinar la infestación de broca del café en el campo.

Esta investigación tuvo como objetivos evaluar estadísticamente un método de muestreo respecto al método de muestreo aleatorio simple; así como los costos de aplicación del método propuesto respecto al actualmente recomendado (tr) y la evaluación del mismo por los caficultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estructura del plan de muestreo. Se basó en los resultados del estudio de muestreo estadístico para la estimación de la infestación (4). La estructura del plan de muestreo, según Cochran (2), consistió en definir: el objetivo del muestreo, la población objeto de estudio, el marco de muestreo, los parámetros de interés, el diseño de muestreo, la estructura de los estimadores con sus respectivas varianzas, el error de estimación, la confiabilidad y el tamaño de muestra.

Como diseño de muestreo se propuso el siguiente método de selección de la muestra, una vez definido el número de elementos que la conforman y la manera como se van a seleccionar:

1. Se tomó como muestra el 2% del número de árboles de un lote, tamaño que bajo el muestreo aleatorio simple implica un error

¹ Salario mínimo diario de \$ 12.717 para el año 2005.

de estimación menor del 20% para una infestación por árbol menor del 3%, con una probabilidad mínima del 75%. La última fila de las cuatro primeras columnas en la Tabla 1, ilustra el número de árboles utilizados para la muestra en lotes constituidos por 2.500, 5.000, 7.500 y 10.000 plantas.

2. Bajo el método propuesto se aplica el muestreo sistemático, de tal manera que la persona que va a hacer la evaluación del lote, se ubica en uno de los 10 primeros árboles del primer surco; de allí en adelante recorre todo el lote y cada 50 árboles hace la inspección hasta cumplir con el tamaño de muestra, según lo estipulado en el primer numeral.

3. Cuando la persona se ubica en el árbol, inspecciona, determina y lleva el registro

de la presencia o no de frutos perforados por la broca. Al terminar el recorrido del lote se establece el número de árboles que presentan frutos perforados por broca.

4. De acuerdo con la densidad de siembra del lote (2.500, 5.000, 7.500 ó 10.000, según el caso), en la Tabla 1 ubica el número de árboles con frutos perforados por broca y luego de desplazarse horizontalmente en ese renglón obtiene el porcentaje de árboles con broca y las estimaciones de la infestación (porcentaje de frutos perforados), en el lote y en el café almendra.

La infestación media del lote (Tabla 1), se obtuvo de las siguientes expresiones, de acuerdo con el estudio de muestreo realizado por Montoya (4):

Tabla 1. Porcentaje de árboles con broca, infestación estimada del lote y en café almendra, de acuerdo con el número de árboles con frutos perforados por broca en el lote.

Número de árboles con broca				Porcentaje árboles con broca	Infestación del lote (%)			Infestación en café almendra (%)		
Densidad (árboles/ha)					LI	Media	LS	LI	Media	LS
2.500	5.000	7.500	10.000							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	5	6	3	0,26	0,31	0,36	0,30	0,40	0,51
3	5	8	10	5	0,44	0,52	0,59	0,51	0,67	0,85
4	7	11	14	7	0,62	0,72	0,83	0,71	0,93	1,19
5	10	15	20	10	0,88	1,03	1,19	1,01	1,33	1,69
8	15	23	30	15	1,32	1,55	1,78	1,52	2,00	2,54
10	20	30	40	20	1,76	2,07	2,37	2,03	2,67	3,39
13	25	38	50	25	2,20	2,58	2,97	2,54	3,33	4,24
15	30	45	60	30	2,65	3,10	3,56	3,04	4,00	5,08
20	40	60	80	40	3,53	4,14	4,74	4,06	5,33	6,78
25	50	75	100	50	4,41	5,17	5,93	5,07	6,67	8,48
30	60	90	120	60	5,29	6,20	7,12	6,08	8,00	10,17
35	70	105	140	70	6,17	7,24	8,30	7,10	9,34	11,87
40	80	120	160	80	7,05	8,27	9,49	8,11	10,67	13,56
45	90	135	180	90	7,94	9,31	10,68	9,13	12,00	15,26
50	100	150	200	100	8,82	10,34	≥12	10,14	13,34	≥17,00

LI: Límite inferior para la estimación del parámetro, al nivel del 5%.

LS: Límite superior para la estimación del parámetro, al nivel del 5%.

$$\text{PRI} = 0,579205 * \text{PAI}/100$$

$$r^2 = 0,79$$

$$\text{PFIL (media)} = (0,178535 * \text{PRI}) * 100$$

$$r^2 = 0,96$$

La estimación de la infestación en el café almendra, dada en la Tabla 1, se obtuvo aplicando la siguiente expresión, obtenida por Montoya (5):

$$\text{PCAI (media)} = 1,2899 * \text{PFIL (media)}$$

$$\text{PCAI (li)} = 1,15 * \text{PFIL (LI)}$$

$$\text{PCAI (ls)} = 1,429 * \text{PFIL (LS)}$$

Donde:

PRI: Porcentaje de ramas infestadas

PAI: **Porcentaje de árboles con broca**

PFIL: **Porcentaje de frutos perforados por broca** en el lote o infestación del lote

PCAI: Porcentaje de café almendra infestado o infestación en café almendra

LI: límite inferior para el promedio de PFIL

LS: límite superior para el promedio de PFIL

La estimación de la infestación en café almendra corresponde a lo recolectado en la semana pico de la cosecha principal, siempre y cuando se mantenga la infestación en el lote, desde el momento de hacer la evaluación hasta la recolección de la misma, de tal manera que la estimación (infestación en café almendra), es más precisa cuando la evaluación en el campo se hace un mes antes de la cosecha principal.

Este método de muestreo, fue llamado método EBEL (Evaluación de **Broca En el Lote**), para diferenciarlo de los otros métodos con los cuales fue comparado estadísticamente.

Evaluación estadística. Se utilizaron cafetales con edades entre tres y cinco años y densidades de siembra entre 2.600 y 12.800 plantas por hectárea (lote). En la Subestación Experimental La Catalina (Risaralda), se seleccionaron ocho lotes en los cuales se realizaron evaluaciones cada treinta días en los últimos tres meses de la formación de la cosecha principal de 1997; y en la Subestación Experimental El Tambo (Cauca), se seleccionaron diez lotes y se hicieron dos evaluaciones en 1998.

Se aplicaron simultáneamente en cada lote y en cada evaluación los siguientes métodos de muestreo:

- Método ALEA (Método de muestreo aleatorio): Se seleccionaron en forma aleatoria el 2,0%, de los árboles de cada lote y en cada árbol se tomaron al azar el 53% de las ramas con frutos. En cada rama se contaron y registraron los frutos totales y el número de ellos perforados por broca.

- Método TREINTA (método de muestreo actual): Se seleccionaron al azar 30 árboles recorriendo el lote en zigzag y en cada uno se tomó una rama al azar, y se registró el número total de frutos y el número de ellos perforados por broca.

- Método EBEL (Método de muestreo propuesto): Se aplicó el procedimiento descrito en la estructura del plan de muestreo.

Para cada uno de los métodos de muestreo se registró por cada lote el tiempo en llegar y evaluar cada árbol seleccionado.

Una vez recolectada la producción de la semana pico de la cosecha principal de cada lote se benefició el café cereza tradicionalmente y se pesaron las almendras y el total de éstas perforadas por la broca, para obtener el porcentaje infestado real o parámetro y así proceder a evaluar la precisión

de la estimación obtenida con el método de muestreo EBEL (Tabla 1).

Con la información registrada se hicieron los siguientes análisis:

- Se estimó el porcentaje de árboles infestados y la infestación del lote, según la información obtenida con los métodos ALEA y TREINTA.

- Se estimaron los tiempos medios: de llegada al árbol, evaluación por planta y tiempo total por planta y por lote, para los tres métodos de muestreo.

- Se estimó el error relativo de la infestación en café almendra según el método de muestreo EBEL, con respecto a la infestación del lote en la semana pico.

- Se estimó la reducción de los costos del método de muestreo EBEL, con respecto a los métodos ALEA y TREINTA, con base en el tiempo invertido en aplicarlos.

Como el método EBEL no indicaba la cantidad de ramas con frutos perforados por árbol, se modificó en este sentido: Para ello, en 1998 se seleccionaron cinco lotes de café con densidades y edades diferentes, en las Subestaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito, en las cuales se realizaron dos para la primera y una evaluación para la segunda antes de la cosecha principal, bajo el siguiente esquema:

1. Un primer operario aplicó el método EBEL y en cada árbol evaluado como infestado determinó visualmente el número de ramas con frutos perforados por broca que calificó, según el caso, como muchas, regulares o pocas.

2. Un segundo operario, después de que saliera el primero, entró al lote y en los árboles seleccionados para la aplicación del

método EBEL contó el número de ramas con frutos y el número de ellas con frutos perforados por la broca.

3. En la semana pico de la cosecha principal se registró en la Subestación Paraguaicito el porcentaje de almendras perforadas del lote, obtenido de la relación entre el peso en café almendra perforado por broca y el peso total del café almendra recolectado.

Antes de analizar la información se estableció el siguiente porcentaje para la calificación visual de ninguna, pocas, regulares o muchas ramas con frutos perforados por broca determinados como: 0%, entre 0,1 y 25,99%, entre 26 y 50%, y mayor de 50%, respectivamente.

Con la información obtenida en la Subestación La Catalina se identificó por cada lote y en cada evaluación, para cada calificación visual (pocas, regulares o muchas), el rango del porcentaje de ramas con frutos perforados por broca y se procedió a cuantificar el número de casos que coincidieron con el criterio preestablecido.

Evaluación participativa. La evaluación participativa del método EBEL se realizó con la colaboración del Grupo de Investigación Participativa de la Disciplina de Entomología de Cenicafé y con caficultores de los departamentos de Quindío, Caldas y Risaralda, durante febrero del 1999 y mayo del 2000.

A cada caficultor se le instruyó acerca de cómo realizar el método EBEL. Para aquellos caficultores que no tenían lotes con 2.500, 5.000, 7.500 ó 10.000 árboles, se les entregó una tabla particular de acuerdo con el número de árboles que tenía en su lote. Si el lote tenía menos de 1.000 árboles el tamaño de la muestra o número de árboles a inspeccionar se redujo a 40, 30 y 25, para aquellos lotes que tuvieran entre 950

y 700; 699 y 500; y entre 499 y 300 árboles, respectivamente. Esta adaptación se hizo porque el método de muestreo EBEL fue establecido desde su inicio para lotes con más de 1.000 árboles (población).

En cada finca se llevaron registros del porcentaje de café almendra perforado por broca por cada evaluación, con una muestra de café pergamino seco de 200g. Dicha variable se determinó como la relación entre el peso de las almendras perforadas por broca y el peso del total de las almendras de la muestra. Esta muestra la tomó el agricultor en cada jornada de recolección de café y se relacionó con la evaluación de la infestación en el campo, inmediatamente anterior a su cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación estadística del método EBEL.

Los resultados se presentan con relación a cuatro parámetros: tiempos medios de evaluación, porcentaje de árboles infestados, infestación del lote e infestación del café en almendra.

- **Tiempos medios de evaluación.** El análisis de los tiempos medios de llegada por árbol mostró que con el método TREINTA se invirtió un 41% menos del tiempo que con los métodos EBEL y ALEA, para llegar al árbol evaluado. A su vez, los tiempos medios de llegada de los métodos EBEL y ALEA fueron iguales según el estadístico de prueba t al 5%. Los promedios de tiempo de llegada por árbol para los métodos TREINTA, EBEL y ALEA fueron 21,7; 56,1 y 49,3 segundos, respectivamente. Dicha diferencia con el muestreo actualmente recomendado se explica por los métodos en sí mismos, ya que con EBEL y ALEA, se recorre todo el lote.

Los tres métodos de muestreo fueron diferentes estadísticamente en cuanto al tiempo

de evaluación por árbol, de tal manera que con los métodos EBEL y TREINTA se invirtió el 0,55 y el 7,8% del tiempo empleado por el método ALEA, respectivamente. Los tiempos promedios de evaluación por árbol para los métodos TREINTA, EBEL y ALEA fueron 42,1; 2,98 y 537,90 segundos, respectivamente.

Al tomar el tiempo de llegada más el tiempo de evaluación por árbol, los métodos TREINTA y EBEL (63,9 y 59,1 segundos, respectivamente), fueron iguales estadísticamente y ellos a su vez diferentes del método ALEA (605,70 segundos), en el cual se invirtió nueve veces más del tiempo empleado en aquellos métodos.

El tiempo promedio de evaluación por lote con el método TREINTA osciló entre 25 y 38 minutos para un promedio de 32 minutos; en el método EBEL el tiempo medio de evaluación estuvo entre 17 minutos y dos horas con un promedio de una hora y en el método ALEA el tiempo medio de evaluación por lote estuvo entre 7 y 12 horas, con un promedio de 9 horas y 42 minutos. La amplitud del intervalo de confianza para los métodos EBEL y ALEA es explicable por la variabilidad que da el número de árboles evaluados, ya que el tamaño de muestra en estos métodos varía de acuerdo con la población de árboles que tiene el lote, mientras que en el método TREINTA dicho número fue siempre fijo.

- **Porcentaje de árboles infestados.** El método EBEL fue evaluado con respecto al método ALEA, de acuerdo con el error relativo de estimación para el porcentaje de árboles infestados por lote. El error medio relativo de estimación del método EBEL fue del 13,97%, con un mínimo observado de 0,0 y un máximo de 54,1%. El 29,2% de los casos coincidió con el porcentaje de árboles infestados del método ALEA; en el

50% de los casos el error relativo fue menor o igual al 5%; en el 70,8% de los casos, el error relativo fue menor o igual del 20% y en el 87,5% de los casos fue menor o igual al 33,8%.

El método TREINTA se evaluó respecto al método ALEA, de acuerdo con el error relativo de estimación para el porcentaje de ramas infestadas por lote. El error relativo medio fue del 56,9%, con un mínimo observado de 6,6% y un máximo del 105,1%. No hubo casos con errores relativos menores o iguales al 5%; el 8,3% de los casos evaluados tuvieron errores relativos entre el 5 y el 20% y el 79,2% de los casos, mostraron errores relativos superiores al 33,8%.

Estos resultados se obtuvieron con la información de la Subestación Experimental La Catalina y según el método ALEA, el porcentaje de árboles infestados y el de ramas

con frutos perforados por lote y evaluación, fluctuó entre 69,6 y 100% y entre el 32 y el 67%, respectivamente.

De 22 casos evaluados con el método EBEL en la Subestación Experimental El Tambo, en el 77% de ellos el porcentaje de árboles infestados fue menor o igual al 5%, lo cual representó, bajo este método, una infestación por lote en promedio menor del 0,7%. En el 91% de los casos con el método EBEL se estimó un porcentaje de árboles infestados menor o igual del 10%, para una infestación del lote menor del 1,6%. El método ALEA mostró en el 90% de los casos un porcentaje de árboles con broca menor o igual al 10% y una infestación por lote menor del 1,3% (Tabla 2).

Los niveles de infestación en la subestación El Tambo fueron contrastantes con los

Tabla 2. Porcentaje de árboles infestados, por evaluación y distancia de siembra de café, según los métodos EBEL y ALEA. Subestación Experimental El Tambo.

Evaluación	Distancia (m)	Plan EBEL	Plan ALEA
1	1,00 * 1,00	0	10,30
1	2,00 * 1,00	5,00	9,50
1	2,00 * 2,00	0	0
1	0,89 * 0,89	3,80	3,80
1	1,15 * 1,15	3,40	6,70
1	1,26 * 0,63	0	4,10
1	1,42 * 0,71	2,50	2,40
1	1,45 * 1,42	25,00	4,70
1	1,64 * 0,82	3,20	6,30
1	2,82 * 1,42	10,00	9,10
1	1,00 * 1,00	13,60	1,50
1	1,00 * 1,00	5,10	2,50
2	2,00 * 1,00	0	9,50
2	2,00 * 2,00	0	10,00
2	0,89 * 0,89	5,90	1,90
2	1,15 * 1,15	0	3,30
2	1,26 * 0,63	2,0	2,00
2	1,42 * 0,71	0	7,30
2	1,42 * 1,42	0	9,50
2	1,64 * 0,82	3,20	6,30
2	2,82 * 1,42	0	18,10
2	1,00 * 1,00	6,50	1,50

encontrados en La Catalina, mientras que en la primera el porcentaje de árboles fue menor del 10% en la segunda fue superior al 63%.

- Infestación del lote: Los intervalos de confianza para la estimación de la infestación del lote, con los métodos EBEL y ALEA, en el 91,7% de las evaluaciones hechas en La Catalina, se superpusieron, lo cual indica que las dos estimaciones, son iguales estadísticamente.

Los niveles de infestación por lote en la localidad El Tambo en la mayoría de los casos (19 de 22 casos), con el método EBEL, estuvieron por debajo del 1,6% y

en el método ALEA todos los casos fueron menores del 1%.

- Infestación en café almendra: La diferencia media absoluta entre el valor estimado y el parámetro (valor real) para el porcentaje de café almendra infestado, en La Catalina fue del 4,1%, con diferencias mínima y máxima de 2,1 y 7,3%, respectivamente (Tabla 3). Seis lotes de 11 evaluados en El Tambo no presentaron café almendra infestado. En los cinco lotes restantes la infestación estimada en café almendra fue menor del 0,9%, siendo ésta a su vez la máxima diferencia absoluta entre el valor real y el valor estimado obtenida con el método EBEL (Tabla 3).

Tabla 3. Niveles de infestación estimados con el método EBEL y los niveles reales para diferentes porcentajes de árboles infestados. Subestaciones La Catalina y El Tambo

Subestación	PAI	Infestación lote (%)			Valor estimado de infestación en café almendra (%)			Infestación real en café almendra (%)	Diferencia absoluta (%)
		LI	Media	LS	LI	Media	LS		
La Catalina	63,1	4,60	6,50	8,70	5,30	8,40	12,50	4,00	4,40
	96,8	7,10	10,0	13,4	8,20	12,9	19,10	20,20	7,30
	82,3	6,10	8,50	11,4	6,90	11,0	16,30	8,30	2,70
	99,1	7,30	10,20	13,7	8,40	13,20	19,60	15,30	2,10
El Tambo	5,10	0,37	0,50	0,70	0,43	0,70	1,00	0	0,70
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5,90	0,43	0,60	0,80	0,50	0,80	1,20	0	0,80
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2,00	0,14	0,20	0,27	0,17	0,27	0,39	0	0,27
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3,20	0,20	0,30	0,44	0,27	0,43	0,63	0	0,43
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,50	0,47	0,67	0,89	0,55	0,86	1,30	0	0,86	

PAI: Porcentaje de árboles con frutos infestados por broca.

LI: Límite inferior para el intervalo del promedio con un coeficiente de confianza del 95%.

LS: Límite superior para el intervalo del promedio con un coeficiente de confianza del 95%.

Una fortaleza del método EBEL es la estimación de la infestación con un bajo error cuando los niveles en el campo son menores del 3%, como fue corroborado con los datos de El Tambo.

Con lo anteriormente descrito quedaron evaluadas las siguientes hipótesis de trabajo:

- La estimación de la infestación obtenida con el método de muestreo EBEL es igual estadísticamente, en al menos el 75% de los casos evaluados, a la estimación obtenida con el método de muestreo aleatorio simple.
- El costo de aplicación del método de muestreo EBEL se reduce en un 88,0% o más con respecto al método de muestreo aleatorio simple, de acuerdo con los tiempos medios invertidos.
- Con el método EBEL no se reducen los costos, en más del 50%, respecto al método TREINTA.

Se concluye que el método EBEL es un plan de muestreo eficaz, dado que se obtiene una estimación precisa del porcentaje de café almendra infestado, y es eficiente porque requiere de poco tiempo para su aplicación, lo cual implica menor costo respecto al método aleatorio simple.

Si bien es cierto que el método EBEL superó la evaluación estadística, los autores quedaron inconformes dado que para un mismo porcentaje de árboles infestados pueden ocurrir diferentes niveles de infestación por árbol; por ejemplo, no es lo mismo el 30% de árboles infestados y en ellos sólo tres frutos perforados por broca, que el mismo porcentaje con árboles infestados y en ellos 100 frutos perforados. Es por ello que se procedió a la modificación del método EBEL.

Modificación del método EBEL. La Tabla 4 ilustra por evaluación en cada lote de La Catalina el valor modal del porcentaje de ramas con frutos perforados por broca observado (PRI), la calificación de acuerdo con el criterio preestablecido (CALIF) y la información suministrada por el método EBEL: porcentaje de árboles con broca (PAI), infestación del lote (ILOTE), e infestación en café almendra (IALMENDRA). El porcentaje cuantificado de ramas con frutos perforados por broca (PRI), coincidió con el porcentaje preestablecido de ramas con frutos perforados asociados a la calificación visual (CALIF).

Con este resultado y con el estudio de muestreo realizado por Montoya (4), se procedió a complementar el método EBEL (Tabla 1), como se ilustra en la Tabla 5, para la estimación de la infestación en el lote y en el café almendra, de acuerdo con la calificación visual en pocas, regulares y muchas ramas con frutos perforados por broca. La estimación de los límites de confianza para el promedio de la infestación del lote y en el café almendra fue construida con un coeficiente de confianza del 95%.

En la Tabla 5, se presenta el límite superior del intervalo de confianza para la infestación del lote y en el café almendra. En ésta se observa que para obtener un porcentaje de café almendra perforado por broca menor del 5%, en la semana pico de la cosecha principal pueden tenerse en el campo cualquiera de las siguientes opciones:

- Hasta el 40% de los árboles infestados con muy pocas ramas con frutos perforados por broca.
- Hasta el 20% de los árboles infestados y aproximadamente menos del 50% de las ramas (regulares), con frutos perforados por broca.

Tabla 4. Información por lote y fecha de evaluación, que apoyan la modificación para la estimación de la infestación con el método de muestreo EBEL.

Lote	Fecha de evaluación	PRI (%)	Calif	PAI	Infestación del lote (ILote, %)			Infestación almendra (IAlmendra, %)		
					LI	Media	LS	LI	Media	LS
DOBLE	09/21/98	15,0	POCA	89,5	6,1	6,8	7,5	6,9	8,8	10,8
FIT0204	09/09/98	36,3	REGU	100	13,5	15,1	16,7	15,5	19,5	23,9
FIT0204	09/15/98	30,1	REGU	100	13,5	15,1	16,7	15,5	19,5	23,9
FIT0308	09/21/98	27,4	REGU	100	13,5	15,1	16,7	15,5	19,5	23,9
FIT0602	09/07/98	46,5	REGU	98,6	13,2	14,8	16,4	15,1	19,1	23,5
FIT0602	09/18/98	38,1	REGU	98,6	13,2	14,8	16,4	15,1	19,1	23,5
MEG0225	09/15/98	22,0	POCA	100	6,7	7,6	8,4	7,7	9,7	11,9
MEG0225	11/09/98	22,2	POCA	100	6,7	7,6	8,4	7,7	9,7	11,9
MONOC	08/09/98	19,5	POCA	91,2	6,1	6,9	7,6	7,1	8,8	10,9

PRI: Porcentaje de ramas con frutos perforados por broca (Conteo).

Calif: Calificación visual del porcentaje de ramas infestadas.

PAI: Porcentaje de árboles con broca

ILote: Infestación del lote (LI y LS son los límites para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%)

IAlmendra: Infestación en café almendra (LI y LS son los límites para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%)

▪Hasta el 10% de los árboles infestados y el porcentaje de ramas con frutos perforados por broca mayor del 50% (muchas).

Con los resultados de la Subestación Experimental Paraguaicito se observó que la mínima y la máxima diferencia absoluta de la infestación en café almendra con el método EBEL (con respecto a la observada o real), fue del 1,1 y 8,2%, respectivamente, para un valor medio del 3,9% de café almendra perforado por la broca. Además, el tiempo promedio que se invirtió para la aplicación del método EBEL fue de 1,16 horas, con unos límites de confianza, inferior de 50 minutos y superior de 90 minutos. Este resultado corroboró lo establecido en la evaluación estadística, es decir, para la aplicación del método EBEL se requiere en promedio una hora con un máximo de dos horas, donde la variabilidad del tiempo la da el número de plantas por lote.

Luego se procedió a entregar el método EBEL a 27 caficultores para hacer con ellos una evaluación participativa.

- **Evaluación participativa:** El 37% de los caficultores involucrados en la evaluación participativa hizo más de 5 evaluaciones en su lote con el método EBEL, como en el caso de Risaralda donde hicieron 14 evaluaciones (una por mes).

Unos caficultores invirtieron más tiempo que otros y no necesariamente está asociado al número de árboles (Tabla 6). Por ejemplo: mientras en un lote de 4.000 árboles un caficultor invirtió en promedio 84 minutos (1,4 hora) aplicando el método de muestreo, otro en un lote con 2.750 árboles invirtió aproximadamente cuatro horas. En la discusión de resultados de la evaluación participativa los caficultores que emplearon más de dos horas, manifestaron que no hacían una inspección

Tabla 5. Determinación de la proporción de árboles infestados e infestación en el lote y en el café almendra, de acuerdo con el número de árboles infestados y la calificación visual de la cantidad de ramas con frutos perforados por broca.

Número de árboles con broca		Calificación visual de la cantidad de ramas con frutos perforados por broca en los árboles evaluados									
Densidad (árbol/ha)		PAI		Pocas			Regular			Muchas	
2.500	5.000	7.500	10.000	Infestación lote (%)	Infestación almendra (%)	Infestación lote (%)	Infestación almendra (%)	Infestación lote (%)	Infestación almendra (%)	Infestación lote (%)	Infestación almendra (%)
0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	5	8	10	0,42	0,60	0,84	1,20	0,84	1,20	1,25	1,79
5	10	15	20	0,84	1,20	1,67	2,39	1,67	2,39	2,51	3,59
8	15	23	30	1,25	1,79	2,51	3,59	2,51	3,59	3,77	5,39
10	20	30	40	1,67	2,39	3,35	4,79	3,35	4,79	5,02	7,18
13	25	38	50	2,09	2,99	4,18	5,98	4,18	5,98	6,28	8,98
15	30	45	60	2,51	3,59	5,02	7,18	5,02	7,18	7,53	10,77
18	35	53	70	2,93	4,19	5,86	8,37	5,86	8,37	8,79	12,58
20	40	60	80	3,35	4,79	6,69	9,57	6,69	9,57	10,04	14,36
13	45	68	90	3,77	5,39	7,53	10,77	7,53	10,77	11,30	16,16
25	50	75	100	4,18	5,98	8,37	11,97	8,37	11,97	12,55	17,95
28	55	83	110	4,60	6,58	9,21	13,17	9,21	13,17	13,61	19,75
30	60	90	120	5,02	7,18	10,04	14,36	10,04	14,36	15,06	21,54
33	65	98	130	5,44	7,78	10,88	15,56	10,88	15,56	16,32	23,34
35	70	105	140	5,86	8,38	11,72	16,76	11,72	16,76	17,58	25,13
38	75	113	150	6,28	8,98	12,55	17,95	12,55	17,95	18,83	26,93
40	80	120	160	6,70	9,57	13,39	19,15	13,39	19,15	20,09	28,73
43	85	128	170	7,11	10,17	14,23	20,35	14,23	20,35	21,34	30,52
45	90	135	180	7,53	10,77	15,07	21,54	15,07	21,54	22,60	32,32
48	95	143	190	7,95	11,37	15,90	22,74	15,90	22,74	23,85	34,11
50	100	150	200	8,37	11,97	16,74	23,94	16,74	23,94	25,11	35,91

PAI: Proporción de árboles infestados

rápida, que la hicieron despacio, para estar seguros y que no tenían afán.

En general, teniendo en cuenta las 151 evaluaciones realizadas por ellos, en promedio invirtieron dos horas en la aplicación del método de muestreo con un límite inferior y superior para su estimación de 1,82 y 2,29

horas, respectivamente y con un coeficiente de confianza del 95%. Además, los resultados mostraron que de esas 151 evaluaciones en 123 de ellas se llevaron los registros del porcentaje de infestación en café almendra y de éstas, el 71% de los casos, estuvo por debajo del límite superior para la infestación en café almendra dada por el método EBEL,

Tabla 6. Resultados de la evaluación participativa con el método de muestreo EBEL, por departamento y caficultor.

Departamento	Caficultor	NA	NV	Tiempo de evaluación (horas)			PC
				Mínimo	Máximo	Media	
Caldas	Adalgiza Cano	3.500	1	4,5	4,5	4,5	100,00
Caldas	Albeiro Tapasco	750	1	1,3	1,3	1,3	0,00
Caldas	Antonio Andica	2.800	8	2,4	3,3	2,7	25,00
Caldas	Arnulfo Cardona	2.600	6	2,3	2,9	2,5	100,00
Caldas	Gloria Álvarez	2.500	1	3,9	3,9	3,9	100,00
Caldas	Jesús O. Bueno	1.200	2	2,3	2,5	2,4	100,00
Caldas	José O. Bueno	750	5	1,0	1,4	1,2	80,00
Caldas	Luis Evelio Bueno	400	2	1,0	1,2	1,1	100,00
Caldas	Nevarado Gañan	1.500	8	0,8	1,5	1,2	12,50
Caldas	Walker Cano	1.500	1	1,3	1,3	1,3	100,00
Quindío	Amado de Jesus Ocampo	1.500	2	1,0	1,3	1,2	100,00
Quindío	Bernardo Herrera	4.000	6	1,5	2,5	2,1	100,00
Quindío	Martha Lucía Largo	3.150	2	1,0	1,1	1,0	100,00
Quindío	Miguel Barrero	1.750	1	1,3	1,3	1,3	100,00
Risaralda	Darío Calderon	2.950	2	3,3	5,0	4,2	100,00
Risaralda	Eduardo Jiménez	1.200	9	2,5	3,0	2,8	77,79
Risaralda	Gilberto Montoya	4.000	6	1,1	1,7	1,4	33,33
Risaralda	Humberto Vargas	2.750	2	4,2	4,3	4,2	50,00
Risaralda	Jairo Aguirre	1.602	13	0,9	1,1	1,0	100,00
Risaralda	Jairo Hernández	5.750	13	5,4	5,9	5,5	69,231
Risaralda	Jesús Ma Florez	900	2	0,7	0,9	0,8	100,00
Risaralda	Libardo Serna	8.100	3	1,1	3,5	2,5	100,00
Risaralda	Nelson Ramirez	1.756	5	1,5	2,0	1,7	100,00
Risaralda	Reinel López	511	7	0,5	1,0	0,7	14,29
Risaralda	Rigoberto Rios	3.500	1	4,0	4,0	4,0	100,00
Risaralda	Tiberio Calle	935	1	1,5	1,5	1,5	100,00
Risaralda	Víctor García	754	13	0,6	0,8	0,7	69,23

NA: Número de árboles del lote evaluado.

Máximo: Número máximo observado de horas invertidas en la aplicación del plan.

Prom: Número medio de horas invertidas en la aplicación del plan

PC: Porcentaje de casos en los cuales el porcentaje de infestación en café almendra fue igual o menor al límite superior del promedio dado por el plan de muestreo.

resultado promisorio dado que el diagnóstico de la infestación por el método EBEL es para el café almendra de la semana pico de la cosecha principal.

Este método ofrece al caficultor colombiano una alternativa para la evaluación de la infestación (Tabla 6), con una probabilidad de éxito mínima del 75% de obtener estimaciones con un error menor o igual al 20% de la infestación del lote. La mayor fortaleza de este plan radica en la obtención de una estimación precisa para niveles de infestación menores del 5%, con las siguientes ventajas, de acuerdo con el testimonio de los caficultores que participaron en su evaluación: al recorrer todo el lote se conoce cómo va el cultivo; en lotes tecnificados se facilita el recorrido y aplicación del método y como ventaja muy especial para ellos, no requiere de cuentas y se puede conocer de antemano, con cierta seguridad, el café que se va a vender sin broca.

Con el método de muestreo EBEL se estima el porcentaje de árboles con frutos perforados por broca y con éste, se obtiene en forma indirecta la estimación de la proporción de frutos perforados en el lote (infestación del lote) y en café almendra. Es una alternativa y en ningún momento se pretende reemplazar otros métodos de muestreo, como el de las treinta ramas (1), cuyo objetivo es estimar el parámetro porcentaje de frutos perforados en el lote.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los integrantes de la Disciplina de Biometría de Cenicafé, al personal de las Estaciones Experimentales de Cenicafé La Catalina y El Tambo, al Grupo de Investigación Participativa de la Disciplina de Entomología de Cenicafé, a los doctores Álex Bustillo P., Francisco Posada F., Juan Carlos López N., Luis Fernando Gil V., y al señor Gonzalo Hoyos S. y muy especialmente a los caficultores que hicieron la evaluación del plan de muestreo.

LITERATURA CITADA

1. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINA. COLOMBIA. Cómo determinar la infestación de broca en un cafetal. Brocarta No.5: 1. 1993.
2. DECAZY, B.; OCHOA, H.; LOTODÉ, R. Indices de distribution spatiale et méthode d'échantillonnage des populations du scolyte des drupes du caféier, *Hypothenemus hampei* Ferr. Café Cacao Thé 33 (1): 27 – 41. 1989.
3. MONTOYA, E.C. Estudio de muestreo estadístico para estimar la infestación causada por la broca del café. Cenicafé 48 (3): 156 – 172. 1997.
4. MONTOYA, E. C. Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. Cenicafé 50 (4): 245 – 258. 1999.
5. RÉMOND, F.; CILAE, C.; VEGAR., M.I.; GONZALEZ M. O. Méthologie d'échantillonge pour estimer les attaques des baies du caféier par les scolytes *Hypothenemus hampei* Ferrari. Café Cacao Thé 37 (1): 35 – 52. 1993.