



MANEJO DA BROCA-DO-CAFÉ WORKSHOP INTERNACIONAL

28 de novembro a 2 de dezembro de 2004
Londrina - Paraná - Brasil

Celso Luiz Hohmann (Organizador)

ANAIS

MANEJO DA BROCA-DO-CAFÉ WORKSHOP INTERNACIONAL

28 de novembro a 2 de dezembro de 2004
Londrina - Paraná - Brasil

Celso Luiz Hohmann (Organizador)

ANAIS



INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ

Londrina 2007



INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ

COMITÊ EDITORIAL

Rui Gomes Carneiro - Coordenador
Antonio Carlos Rodrigues da Silva
Séphora Cloé Rezende Cordeiro
Sueli Souza Martinez - Editora Executiva
Telma Passini

EDITOR REVISOR

Álison Néri

DIAGRAMAÇÃO / CAPA

Devanir de Souza Moraes

DISTRIBUIÇÃO

Área de Difusão de Tecnologia - ADT
adt@iapar.br / (43) 3376-2373

TIRAGEM: 500 exemplares

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução parcial,
desde que citada a fonte.
É proibida a reprodução total desta obra.

M274	Manejo da broca-do-café: workshop internacional / organizado por Celso Luiz Hohmann - Londrina: IAPAR, 2007. 282 p.
	1. Manejo da broca-do-café. 2. Hypothenemus hampei- Manejo. 3. Entomologia-Congresso. I. Hohmann, Celso Luiz (Org.). II. Anais do Workshop Internacional de manejo da Broca-de-café, 2004, Londrina (PR). III. Instituto Agronômico do Paraná, Londrina.
	CDD 632.76

APLICACIÓN DE TRAMPAS PARA EL MONITOREO DE LA BROCA DEL CAFÉ

Juan Barrera¹, Amador Villacorta², Joel Herrera¹, Heber García¹ y Leopoldo Cruz¹

¹El Colegio de la Frontera Sur - ECOSUR, Tapachula, Chiapas, México, jbbarrera@tap-ecosur.edu.mx

²Área de Proteção de Plantas, Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, Rodov. Celso Garcia Cid, km 375, C. postal 481, 86001-970 Londrina, PR, Brasil

RESUMEN

El uso de trampas para el muestreo y control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) ha despertado mucho el interés a escala mundial en los últimos 10 años. Muchos tipos de trampas han sido diseñados y evaluados en diversos países y el uso de esta tecnología por productores se está generalizando. En México se han usado diferentes tipos de trampas, y recientemente, se ha distribuido la trampa BROCAP del CIRAD y PROCAFÉ (El Salvador, Centroamérica) a productores de Chiapas a través de programas gubernamentales de apoyo a la producción a un costo subsidiado de \$2.82 dólares americanos por trampa. La trampa BROCAP, que usa un atrayente de metanol y etanol, es altamente efectiva en la captura de broca, sin embargo, una de las limitaciones más importantes para su uso por productores es su alto costo. Tomando en cuenta este problema, hemos estado desarrollando un modelo de trampas más barato a fin de incrementar su uso por productores de bajos recursos. Desde 2002 hemos estado evaluando un modelo que se basa en la trampa IAPAR desarrollada en Brasil. A este modelo lo hemos denominado ECOIAPAR y es aproximadamente 10 veces más barato que BROCAP. El propósito de esta charla es dar a conocer los resultados que hemos logrado con relación al uso de ECOIAPAR para el muestreo de la broca. Para ello, a través de la Ley de Poder de Taylor (LPT) se estableció la relación entre la varianza-media de las capturas y los coeficientes de la LPT se usaron para determinar el número requerido de trampas para estimar densidades simuladas de broca con varios niveles de confianza. Asimismo, esta información se usó para comparar el costo del muestreo de la broca con ECOIAPAR y otros tipos de trampas. Los resultados indican que ECOIAPAR es una trampa que puede ser usada en el muestreo de la broca y cuyo costo está al alcance de productores de bajos recursos.

INTRODUCCIÓN

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) se ha convertido en la plaga más dañina para el

cultivo del café en casi todos los países productores (JARAMILLO et al., 2006). Este insecto, cuya forma adulta es apenas de unos 2 mm de longitud, se multiplica y esconde en el interior de los granos de café y bajo condiciones adecuadas para su desarrollo puede alcanzar altas densidades poblacionales en poco tiempo, de ahí su importancia económica. Entre los métodos de control desarrollados para *H. hampei*, en los últimos años destaca el trampeo masivo con trampas cebadas principalmente con metanol-etanol (BARRERA et al., 2006). Estas trampas tienen además la posibilidad de aplicarse en el monitoreo de la plaga, opción que ha sido poco desarrollada. El objetivo de este trabajo es desarrollar un marco conceptual de la aplicación de trampas para el monitoreo de la broca del café.

PRINCIPIOS PARA EL MONITOREO DE LA BROCA

El monitoreo de un insecto requiere disponer de un sistema efectivo de trampeo, basado en la ecología y comportamiento del organismo que se pretende capturar (WALL, 1990). El sistema de monitoreo de la broca está dado por información sobre: i) la relación insecto-planta-ambiente, ii) la trampa, iii) el atrayente y iv) el número y disposición de las trampas en el terreno.

Relación insecto-planta-ambiente. Información sobre la biología, comportamiento y ecología de la broca es esencial para establecer un sistema efectivo de monitoreo (BARRERA et al., 2006). En particular, es importante conocer la información sobre el estado de desarrollo que se desea capturar, en este caso las hembras voladoras. De vital interés es la información sobre los procesos de dispersión de la población y colonización de los frutos de café, los cuales de manera breve se describen a continuación (Fig. 1). Las hembras fundadoras de *H. hampei* perforan los frutos de café desde las primeras etapas de desarrollo, sin embargo, colonizan el grano hasta que éste alcanza la consistencia adecuada: aproximadamente 20% de peso seco, estado de desarrollo denominado semiconsistencia (BARRERA, 1994). Una sola hembra inicia la infestación de un grano y en su interior deposita huevos a partir de los cuales se desarrollan larvas, prepupas y pupas antes de dar origen a una nueva descendencia de adultos, cuyas hembras en mayor proporción que los machos, se aparean con sus hermanos antes de abandonar el fruto donde se desarrollaron. En el periodo de desarrollo del fruto, o periodo productivo del cafeto, las hembras emergen continuamente en busca de nuevos frutos, sin embargo, al entrar el periodo inter cosecha, cuando la broca habita frutos que no fueron cosechados (residuales), la emergencia se reduce drásticamente, la

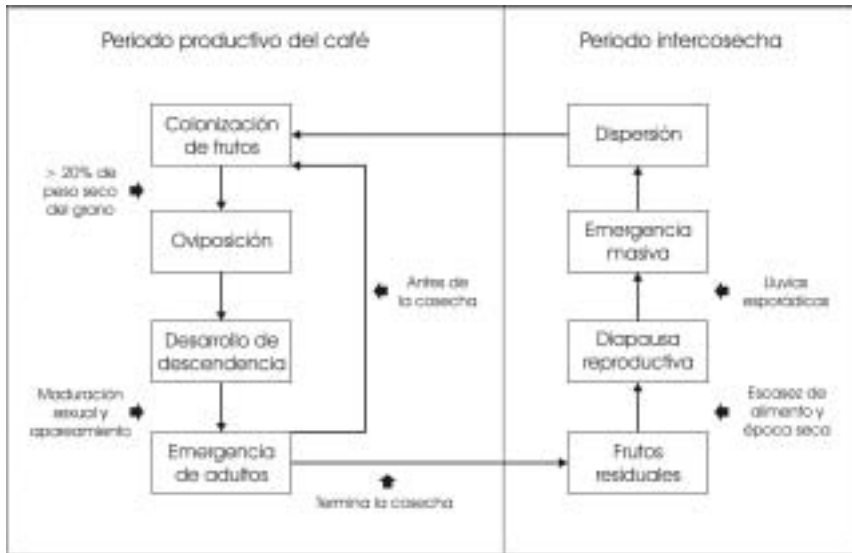


Figura 1. Bioecología de *H. hampei*.

reproducción se detiene por completo y se observan agrupamientos numerosos de adultos en el interior de los frutos negros. Poco estudiado, este fenómeno denominado diapausa reproductiva, se presenta con particular énfasis en lugares donde el periodo inter cosecha suele ser muy seco y la escasez de alimento se acentúa en el interior de los frutos (MANSINGH, 1991). Las lluvias fuertes pero esporádicas que se presentan en este periodo desencadenan la floración en los cafetos, pero también, son un factor disparador de la emergencia masiva de la broca (BAKER, 1984). Las brocas postdiapáusicas son responsables de la dispersión, la cual realizan mediante vuelo, y de la búsqueda de los frutos de la nueva cosecha. Se dice que la "broca está en tránsito" cuando abandona los frutos del ciclo anterior para infestar los del siguiente. La emergencia masiva de las brocas en tránsito suele ser uno de los más importantes en cuanto al monitoreo de este insecto, pues la información generada permitiría conocer cuándo ésta da inicio y cuándo concluye, y pronosticar los niveles de infestación en campo y valorar las pérdidas potenciales en la nueva cosecha.

La trampa. El uso de trampas para broca del café ha despertado mucho el interés a escala mundial en los últimos 10 años (BARRERA et al., 2006). Muchos tipos de trampas han sido diseñados y evaluados en diversos países y el uso de esta tecnología por productores se está generalizando. En México se han usado diferentes tipos de trampas, y recientemente, el gobierno de Chiapas distribuyó la trampa BROCAP del CIRAD y PROCAFÉ (El Salvador, Centroamérica) a

productores a través de programas de apoyo a la producción a un costo subsidiado de \$ 2.82 dólares americanos por trampa. La trampa BROCAP, que usa un atrayente de metanol y etanol, es altamente efectiva en la captura de broca (DUFOR, 2002), sin embargo, una de las limitaciones más importantes para su uso por productores es su alto costo. Tomando en cuenta este problema, hemos estado desarrollando un modelo de trampa más barato a fin de incrementar su uso por productores de bajos recursos. Así, desde 2002 iniciamos la evaluación de un modelo de trampa para broca que se basa en la trampa IAPAR desarrollada en Brasil. A este modelo lo hemos denominado ECOIAPAR y es mucho más barato que BROCAP. ECOIAPAR (Fig. 2) está hecha de materiales de desecho como botellas vacías de plástico de refrescos embotellados que se usan como "el cuerpo" de la trampa, y botellitas vacías de vidrio de medicamentos usadas como dispersores del atrayente (BARRERA et al., 2003). Por su bajo costo, una trampa con estas características es muy barata y adecuada para monitoreo de áreas grandes.

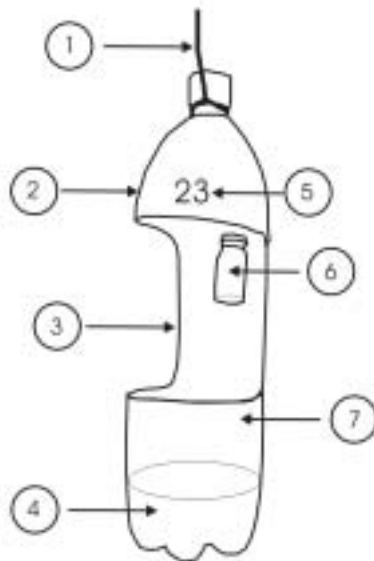


Figura 2. Diseño de la trampa ECOIAPAR para broca del café. 1. Alambre flexible para colgar el captador de un cafeto; 2. Botella desechable de plástico de refresco embotellado con tapón; 3. Abertura de 11 por 20 cm sobre la botella para permitir la entrada de la broca; 4. Agua pura y limpia en el receptáculo de la botella para atrapar la broca; 5. Identificación del captador con un número; 6. Difusor del atrayente sujetado con alambre a la botella; 7. Perforaciones en la botella para permitir el desagüe durante la lluvia y retener la broca capturada (tomado de BARRERA et al., 2003).

El atrayente. El atrayente para la captura de la broca consiste en una mezcla de metanol-etanol en una proporción de tres partes del primero por una parte del segundo (BARRERA et al., 2003). Estos alcoholes constituyen el atrayente más usado en los últimos años para el trampeo de la broca, aunque las proporciones suelen variar. En nuestro caso, para incrementar la atracción pasamos la mezcla por un poco de café tostado y molido para que se impregne con el aroma del café. Tal mezcla es sumamente atractiva para la broca, si bien otras especies de insectos son también atraídas. La falta de especificidad de los alcoholes y la toxicidad del metanol son algunos problemas que restan por resolver. Un difusor lleno con el atrayente tiene una duración de dos a tres meses, dependiendo de la temperatura y la exposición de la trampa a los rayos del sol.

Número y disposición de las trampas en el terreno. A la fecha existen muy pocos procedimientos claramente definidos y suficientemente sustentados para determinar el número y disposición de las trampas para el monitoreo de la broca del café. A fin de generar esta información es necesario definir el objetivo del monitoreo. Siguiendo el enfoque de Wall (1990) para otros insectos, el monitoreo de la broca podría enmarcarse en los siguientes objetivos: i) detectar a la broca en áreas libres, ii) definir umbrales para la toma de decisiones de control, y iii) estimar la infestación en campo y/o la población de brocas voladoras (Tabla 1).

En el caso de México, el uso de trampas para detección está contemplado en la Norma Oficial Mexicana (NOM) correspondiente a la Campaña contra la Broca del Café (NOM-002-FITO-2000). En ésta se indica el establecimiento de trampas para formar un cordón fitosanitario en los límites de zonas libres y las no reconocidas oficialmente como tales (Tabla 2). Sin embargo, a nuestro conocimiento no existe información científica publicada que sustente las disposiciones mencionadas en la NOM, por lo que se considera que el procedimiento empleado es arbitrario de acuerdo a la clasificación que hemos propuesto en el Tabla 1. Como veremos más adelante, el número de trampas por hectárea con fines de detección podría ser diferente a 16 (cantidad que se propone en la NOM), dependiendo del tipo de trampa, la densidad de la broca y la confiabilidad que se desee obtener con el trampeo.

LPT Y MONITOREO

La Ley de Poder de Taylor (LPT) ha sido utilizada con frecuencia en el estudio y muestreo de poblaciones de una amplia gama de organismos (TAYLOR, 1961; TAYLOR, 1984). Esta ley describe la relación entre varianza (s^2) y media (m) de una población mediante esta ecuación de poder:

$$s^2 = am^b \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

la cual se puede transformar a una línea recta con:

$$\log s^2 = \log a + b \log m \dots\dots\dots\text{Ecuación 2}$$

donde a el intercepto y b la pendiente de la recta, son también conocidos como los coeficientes de Taylor; el coeficiente a depende del tamaño de la unidad de muestreo y el coeficiente b es un índice de dispersión o agregación

Tabla 1. Aplicaciones del monitoreo de la broca del café con trampas.

Tipos de monitoreo	Aplicación	Objetivo	Estado de desarrollo ¹
Detección	Alerta temprana	Informar a tiempo sobre la presencia (o ausencia) de la broca en áreas libres	Nivel II
	Cuarentena	Establecer medidas de cuarentena en una zona o región al detectarse la broca	Nivel I
	Distribución	Conocer la distribución de la broca en una región o país	Nivel I
Umbrales	Tratamientos oportunos	Determinar el momento oportuno de la aplicación o uso de un método de control de la broca	Nivel I
	Uso oportuno de otros métodos de muestreo	Definir con oportunidad el muestreo de la infestación de la broca en frutos	Nivel I
	Evaluación de riesgos	Valorar los daños potenciales de la broca a la producción y calidad del café en relación a un umbral	Nivel I
Estimación de la densidad	Tendencias poblacionales	Determinar la evolución temporal de la población de broca	Nivel II
	Dispersión	Determinar la evolución espacio-temporal de la población de broca en un área dada	Nivel I
	Evaluación de riesgos	Valorar los daños potenciales de la broca en relación a la densidad	Nivel I
	Efecto de medidas de control	Evaluar la efectividad de métodos de control en términos de densidad	Nivel II

¹Nivel I: sin procedimiento definido; nivel II: procedimiento arbitrario; nivel III: procedimiento con sustento científico.

Tabla 2. Disposiciones de la Norma Oficial Mexicana con respecto al trapeo de la broca del café¹.

Sección de la NOM	Disposiciones
4.6.1	En las zonas libres y las no reconocidas oficialmente como tales, se deberán establecer trampas con semioquímicos durante el periodo inter cosecha, a razón de una densidad de 16 trampas por hectárea.
4.6.2	En los límites de zonas libres y las no reconocidas oficialmente como tales, se deberá colocar trampas formando un cordón fitosanitario que permita identificar la situación fitosanitaria, actividad que será coordinada por profesionales fitosanitarios del Organismo Auxiliar de Sanidad Vegetal que corresponda o unidades de verificación.
4.6.3	Las trampas establecidas en el cordón fitosanitario deberán establecerse durante todo el año y revisarse semanalmente, principalmente en los periodos inter cosecha.
4.6.4	La dimensión del cordón fitosanitario, será definido por el coordinador de la campaña, de acuerdo a las necesidades fitosanitarias de cada entidad federativa y en común acuerdo con la Secretaría, los Gobiernos de los Estados y los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal,
4.6.5	La actividad de revisión de las trampas estará a cargo de los profesionales fitosanitarios que presten sus servicios en el Organismo Auxiliar de Sanidad Vegetal que corresponda o unidades de verificación.

¹NOM-002-FITO-2000. Diario Oficial de la Federación (México), 18 de abril de 2001.

que varía desde cero para una distribución uniforme (b tiende a cero), hasta el infinito para una distribución altamente agregada (b tiende al infinito); con $a=b=1$, la distribución es al azar. La diferencia estadística de b con respecto a la unidad para determinar el tipo de distribución, se puede establecer a partir de calcular los límites de confianza al 95% de b . Dado que un diseño o tipo de trampa causará una atracción específica para un organismo particular, es necesario calcular los coeficientes de Taylor para cada tipo de trampa que se use. Asimismo, para captar la mayor variabilidad posible de las capturas, se hace necesario evaluar la o las trampas bajo diferentes condiciones ambientales y también en épocas diferentes.

Los valores de los coeficientes de Taylor obtenidos con las Ecuaciones 1 ó 2 se pueden incorporar a fórmulas basadas en la relación varianza-media, por ejemplo, en aquellas para determinar el tamaño de muestra (RUENSINK, 1980;

BUNTIN, 1994). Siguiendo esta idea, primero Nordenfors y Chirico (2001) y después Zavala-Olalde et al. (2005), utilizaron la Ecuación 3 para determinar el número de trampas requeridas (n) para estimar diferentes poblaciones de *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) e *Idiarthron subquadratum* (Orthoptera: Tettigoniidae), respectivamente:

$$n = [1/(20\% m/m)^2] (am^b / m^2) \dots\dots\dots\text{Ecuación 3}$$

donde el promedio de organismos por trampa es m y los coeficientes de Taylor son a y b . Con esta información, más los costos asociados al monitoreo, Wilson et al. (1989) propusieron la Ecuación 4 para comparar el costo (C_i) de dos procedimientos de muestreo:

$$C_1/C_2 = n_1 (d_1+e_1) / n_2 (d_2+e_2) \dots\dots\dots\text{Ecuación 4}$$

donde n_i es el número de trampas requeridas para estimar una población dada con cada tipo de procedimiento; d_i es el tiempo (costo) de revisión de las trampas en cada tipo de procedimiento; y e_i se refiere al tiempo (costo) de desplazarse entre trampa y trampa al aplicar cada tipo de procedimiento. Si el producto de C_1/C_2 es mayor que la unidad, entonces C_1 es un procedimiento de monitoreo más caro que C_2 .

Posteriormente, Zavala-Olalde et al. (2005) modificaron la Ecuación 4 al integrar el costo de la trampa (f_i), obteniéndose la Ecuación 5 para estimar el costo de un procedimiento de monitoreo (C) y la Ecuación 6 para comparar el costo de dos procedimientos (C_i):

$$C = n (d + e + f) \dots\dots\dots\text{Ecuación 5}$$

$$C_1/C_2 = n_1 (d_1+e_1+f_1) / n_2 (d_2+e_2+f_2) \dots\dots\dots\text{Ecuación 6}$$

Considerando que e , el tiempo de desplazarse entre trampa y trampa en una superficie definida, variará al aumentar o disminuir el número de trampas, una mejor estimación de esta variable para el caso de una superficie de una hectárea podría darse con:

$$e = (100/\text{raíz cuadrada } (n)) * s * p \dots\dots\dots\text{Ecuación 7}$$

donde s = segundo por metro recorrido y p = costo de desplazarse durante un segundo. Al incorporar la Ecuación 7 en las Ecuaciones 5 y 6 tenemos:

$$C = n [d + ((100/\text{raíz cuadrada } n) * s * p) + f] \dots\dots\dots\text{Ecuación 8}$$

$$C_1/C_2 = n_1 [d_1 + ((100/\text{raíz cuadrada } n_1) * s * p) + f_1] / n_2 [d_2 + ((100/\text{raíz cuadrada } n_2) * s * p) + f_2] \dots\dots\dots\text{Ecuación 9}$$

A fin de generar una representación lineal entre C_1/C_2 y la densidad de la broca, se grafica log (densidad) contra log (C_1/C_2).

MONITOREO DE LA BROCA DEL CAFÉ CON TRAMPAS

Estudios previos permitieron conocer que la LPT tiene gran aplicación en el muestreo de la infestación de la broca en campo (BARRERA, 1994; BARRERA en prensa). A fin de conocer la utilidad de la LPT en monitoreo de la broca con trampas, procedimos a aplicar la metodología arriba mencionada. Para ello, establecimos un experimento para comprar los siguientes tres tipos de trampas: BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR (Fig. 3). Las trampas fueron cebadas con una mezcla de etanol: metanol (1:3), se colgaron de ramas de cafetos a 1.2-1.5 m sobre el suelo y se distribuyeron sobre el terreno a una distancia entre trampas de 14.5 m. Se usaron 16 trampas o repeticiones ($n = 16$) por tipo de trampa bajo un diseño en campo completamente al azar. El experimento se estableció en un robustal (*Coffea canephora*) del Rancho La Esperanza, municipio de Tapachula, Chiapas, México de mayo a agosto de 2003. Las trampas fueron revisadas semanalmente, registrando el número de brocas por trampa, por fecha y por tratamiento o tipo de trampa. A partir de estos datos se estimó para cada fecha ($n = 14-16$) y tipo de trampa el promedio y la varianza de las capturas.

Capturas por tipo de trampa. Los resultados de las capturas de broca en el experimento se presentan en la Fig. 4. Se aprecia que en las primeras cuatro fechas, cuando las capturas fueron más altas, la trampa BROCAP capturó más broca que las otras trampas; esta diferencia se debió principalmente a que los diseños ECOIAPAR y FIESTA, a diferencia de BROCAP, permitieron el escape de la broca al saturarse el contenedor de captura con el gran número de insectos atrapados. A partir de la quinta fecha de muestreo, BROCAP y ECOIAPAR capturaron cantidades estadísticamente similares y superiores a FIESTA, en tanto que no hubo diferencia entre trampas las últimas cuatro fechas de agosto, cuando las capturas fueron más bajas. El número acumulado de broca en 16 trampas por hectárea durante cuatro meses para cada tipo de trampa fue: BROCAP: 679,107; ECOIAPAR: 278,162; y FIESTA: 214, 347.

Coefficientes de Taylor. La Tabla 3 presenta los coeficientes de Taylor para cada uno de los tres tipos de trampas estudiadas estimados con la Ecuación 2. En todos los casos se observó que b fue mayor que la unidad, si bien de acuerdo a los límites de confianza al 95% (LC 95%), no se registraron diferencias estadísticas entre trampas con respecto a este coeficiente.

Número requerido de trampas. Usando los valores de los coeficientes de Taylor del Tabla 3, se calculó con la Ecuación 3 el número de requerido de trampas



Figura 3. Trampas para broca del café evaluadas en el presente estudio (de izquierda a derecha): BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR.

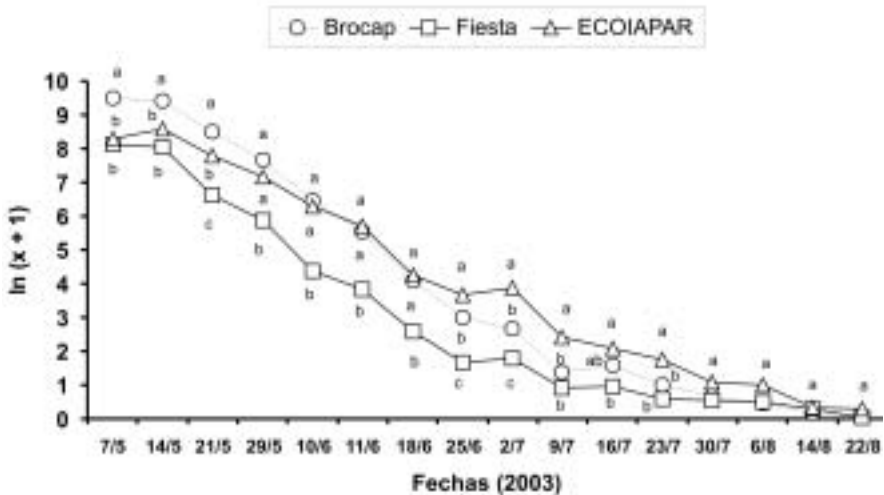


Figura 4. Datos transformados de las capturas semanales de broca del café en tres tipos de trampa. Rancho La Esperanza, Chiapas, México. Mayo-agosto de 2003.

Tabla 3. Análisis de la distribución de *H. hampei* con tres tipos de trampas usando la Ley de Poder de Taylor. Rancho La Esperanza, Municipio de Tapachula, mayo-agosto de 2003.

Tipo de trampa	a^1	b	$b (\pm LC 95\%)$	r	n
BROCAP	1.8638	1.8462	1.7741 a 1.9184	0.9981	14
FIESTA	1.1830	1.9332	1.8507 a 2.0157	0.9975	15
ECOIAPAR	1.7620	1.8340	1.7248 a 1.9432	0.9946	16

¹ a y b = coeficientes de Taylor; r = coeficiente de correlación; n = número de pareja de datos. Los valores de los coeficientes fueron calculados con la Ecuación 2: $\log s^2 = \log a + b \log m$.

para estimar densidades simuladas de broca para los tres tipos de trampas con tres niveles de precisión expresados en porcentaje del error estándar de la media (Tabla 4). Los tres tipos de trampa requirieron más trampas conforme disminuyó la densidad de la broca; asimismo, la cantidad de trampas aumentó al disminuir el error estándar de la media. Esto significa, por un lado, que mientras mayor número de brocas se encuentren volando se requerirá un menor número de trampas para hacer estimaciones de la densidad de las brocas voladoras; por otro lado, significa que si queremos ser más precisos en dicha estimación, tendremos que aumentar el número de trampas por unidad de superficie.

En cuanto al tipo de trampa, se observó que a densidades bajas de la broca (igual o menor a 10 insectos) y considerando el mismo nivel de precisión (error estándar de la media expresado en porcentaje), la trampa FIESTA requirió menor número de trampas que BROCAP y ECOIAPAR. Sin embargo, menor número de trampas del tipo ECOIAPAR fueron requeridas para estimar con el mismo nivel de precisión poblaciones más altas de broca (mayor a 100 insectos) durante el vuelo (Tabla 4). Por ejemplo, con una precisión de 30%, se requirieron 21, 13 y 20 trampas para estimar la densidad de una broca con BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR, respectivamente, en tanto que con la misma precisión se requirieron 7, 8 y 6 trampas para estimar una densidad de 1000 brocas con cada uno de los tres tipos de trampas citados en el orden anterior (Tabla 4). La diferencia entre tipos de trampa con respecto al número requerido de trampas obedece a los coeficientes de Taylor (Tabla 3) contenidos en la fórmula del tamaño de muestra (Ecuación 3); esa diferencia fue mucho más marcada al reducir el error estándar de la media con el propósito de mejorar la precisión de la estimación.

Costo del monitoreo. Los costos estimados de revisión de las trampas (d_i), desplazamiento entre trampa y trampa (e_i) y la trampa incluyendo el atrayente (f_i) para BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR se presentan en la Tabla 5. Como se puede observar, con un costo de \$ 42.52, BROCAP la trampa registrada y comercialmente disponible, fue 5.9 y 8.0 veces más elevado que las trampas artesanales o elaboradas a mano FIESTA y ECOIAPAR, respectivamente. La trampa ECOIAPAR

Tabla 4. Número requerido de trampas para estimar densidades simuladas de broca con tres tipos de de trampas y tres niveles de precisión (error estándar de la media expresado en porcentaje), calculados con la Ecuación 3: $n = [1/(20\% m/m)^2]$ (am^b/m^2).

Densidad simulada	BROCAP			FIESTA			ECOIAPAR		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
1	186	47	21	118	30	13	176	44	20
5	146	36	16	106	27	12	135	34	15
10	131	33	15	101	25	11	120	30	13
50	102	26	11	91	23	10	92	23	10
100	92	23	10	87	22	10	82	21	9
200	83	21	9	83	21	9	73	18	8
500	72	18	8	78	20	9	63	16	7
1000	64	16	7	75	19	8	56	14	6
2000	58	14	6	71	18	8	50	12	6
5000	50	13	6	67	17	7	43	11	5
10000	45	11	5	64	16	7	38	10	4
15000	42	11	5	62	16	7	36	9	4
20000	41	10	5	61	15	7	34	9	4

fue la de menor costo, ya que se usan materiales de desecho para su elaboración. Se usó el mismo atrayente, por lo cual el costo de una dosis con duración en campo de 2.5-3.0 meses (\$ 2.52) fue igual en las tres trampas.

El costo del monitoreo para los tres tipos de trampa con tres niveles de precisión (error estándar de la media expresado en porcentaje) a partir de aplicar la Ecuación 8, se presenta en la Tabla 6. De manera general se observa que el costo estuvo asociado al número de trampas y éste a la precisión del monitoreo. Gráficamente, la comparación del costo de los tres sistemas de monitoreo de la broca con la Ecuación 9 se presenta en la Fig. 5. El sistema de monitoreo con BROCAP fue más caro para todas las densidades de broca, observándose una tendencia a incrementarse el costo al incrementarse la densidad al compararse con ECOIAPAR, mientras que una relación inversa entre costo - densidad se observó al compararlo con FIESTA. El sistema de monitoreo basado en trampas ECOIAPAR fue el más barato de los tres, con excepción del monitoreo con FIESTA a muy bajas densidades de broca (igual o menor a una broca en vuelo).

Tabla 5. Costos asociados al uso de las trampas BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR en 2004.

Concepto (las letras se refieren a la Ecuación 5)	Costos en pesos mexicanos por tipo de trampa ¹		
	BROCAP	FIESTA	ECOIAPAR
Trampa, <i>f</i> (incluye atrayente ²)	42.52 ³	7.24 ⁴	5.33 ⁵
Revisión de la trampa, <i>d</i> ⁶	0.55	0.46	0.38
Desplazamiento entre trampas, <i>e</i> ⁶	variable ⁷	variable	variable

¹1.00 USD = 10.7 MXN (1/11/2006); ²el atrayente con un costo de \$ 2.52, consiste en tres partes de metanol por una parte de etanol más café tostado y molido; ³costo aproximado de la trampa en el mercado sin atrayente: \$ 40.00; ⁴incluye costo del atrayente, herramientas para hacer la trampa y materiales y jornales empleados para elaborarla; ⁵además de los conceptos mencionados en el punto anterior, incluye la colecta de las botellas; ⁶se refiere a los jornales empleados para hacer estas actividades; ⁷depende del número de trampas por hectárea y se calcula con la Ecuación 7.

Tabla 6. Costos en pesos mexicanos¹ del monitoreo de acuerdo al número requerido de trampas para estimar densidades simuladas de broca con tres tipos de trampas y tres niveles de precisión (error estándar de la media expresado en porcentaje) del Cuadro 4, calculados con la Ecuación 8: $C = n [d + ((100/\text{raíz cuadrada } n) * s * p) + f]$.

Densidad	BROCAP (pesos)			FIESTA (pesos)			ECOIAPAR (pesos)		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
1	8030.19	2008.25	892.86	913.17	228.85	101.96	1008.80	252.88	112.69
5	6269.66	1568.03	697.18	820.19	205.58	91.60	772.58	193.74	86.37
10	5635.79	1409.53	626.72	783.13	196.30	87.47	688.73	172.74	77.02
50	4400.25	1100.58	489.38	703.41	176.34	78.59	527.50	132.37	59.05
100	3955.40	989.34	439.92	671.62	168.38	75.05	470.27	118.03	52.66
200	3555.52	889.34	395.47	641.28	160.78	71.67	419.26	105.25	46.97
500	3088.28	772.50	343.53	603.26	151.27	67.43	360.22	90.46	40.38
1000	2776.08	694.43	308.82	576.00	144.44	64.39	321.15	80.67	36.02
2000	2495.44	624.25	277.62	549.98	137.93	61.49	286.33	71.94	32.13
5000	2167.52	542.24	241.16	517.38	129.76	57.86	246.02	61.84	27.63
10000	1948.41	487.45	216.80	494.00	123.91	55.25	219.35	55.15	24.65
15000	1830.66	458.00	203.70	480.82	120.61	53.78	205.12	51.58	23.06
20000	1751.46	438.19	194.90	471.69	118.32	52.76	195.58	49.19	22.00

¹1.00 USD = 10.7 MXN (1/11/2006)

DISCUSIÓN

El trampeo de la broca del café con fines de monitoreo o control ha abierto nuevos e interesantes caminos en el manejo de la plaga. Aún más, el monitoreo de las brocas voladoras con trampas está permitiendo ampliar la información sobre aspectos de su bioecología antes ignorados o poco conocidos,

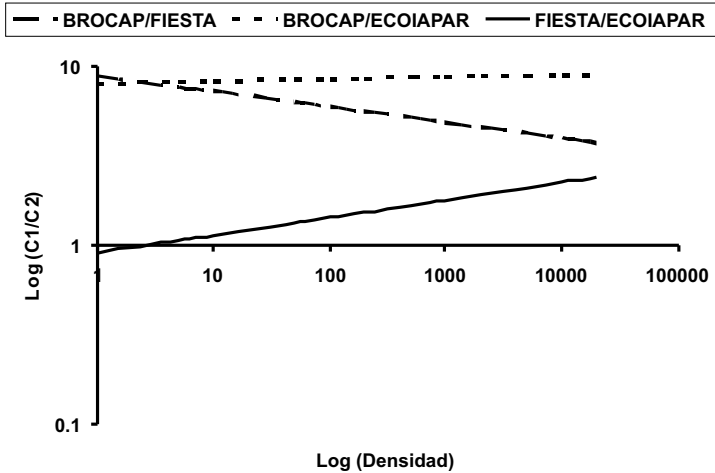


Figura 5. Comparación del costo del monitoreo de la broca del café con las trampas BROCAP, FIESTA y ECOIAPAR. La comparación entre dos monitoreos se realizó con la Ecuación 9: $C_1/C_2 = n_1 [d_1 + ((100/\text{raíz cuadrada } n_1) * s * p) + f_1] / n_2 [d_2 + ((100/\text{raíz cuadrada } n_2) * s * p) + f_2]$. Error estándar de la media de 30%.

como es la teoría de las “brocas suicidas” (BARRERA et al., 2005). Sin embargo, el monitoreo de este insecto con trampas ha sido científicamente poco desarrollado, de allí que su uso por agricultores e investigadores haya tenido, en el mejor de los casos, un fundamento más bien empírico (BARRERA, 2005). En muchos países se ha avanzado de manera sustancial en definir el mejor diseño de trampa, sobresaliendo por su bajo costo, no sin problemas de diversa índole, aquellos hechos a mano. Avances menos sustantivos se han logrado después de conocer que la mezcla de los alcoholes metanol-etanol era extremadamente atractiva para la broca. Esta intensa atracción estimuló la investigación y aplicación del trampeo masivo de broca con fines de control, mientras que el monitoreo del insecto con el propósito de apoyar la toma de decisiones de manejo, se ha dejado casi siempre de lado.

El presente trabajo tuvo el objetivo de mejorar el monitoreo de la broca. Para ello, hemos pretendido desarrollar un marco conceptual de la aplicación de trampas para el monitoreo de este insecto. Asimismo, ha sido nuestra intención desarrollar una metodología cuantitativa que sirva de base para la aplicación del monitoreo bajo diversas condiciones. La Ley de Poder de Taylor (LPT) aquí aplicada, surge potente como medio para mejorar el monitoreo de la broca a través de trampas. Como en el caso de otras plagas, la LPT no solo se fundamenta en características biológicas del organismo en cuestión como su distribución espacial, sino también se adapta a una gran variedad de procedimientos analíticos, lo cual hace que tenga un amplio uso en manejo de

plagas (BARRERA, en prensa). En el caso de broca, su utilidad ha quedado manifiesta al facilitar, por un lado, la estimación de la densidad de las poblaciones de hembras en vuelo, información que ayudaría a establecer umbrales de acción; por otro lado, ha sido reveladora al conjugar información biológica y económica para determinar el costo del monitoreo más allá de los análisis económicos convencionales.

Los resultados aquí expuestos indican que las trampas artesanales pueden ser tan eficaces como las trampas comerciales. El bajo costo de las trampas hechas a mano permite incrementar su número para equipararse en cuanto a capturas con el modelo comercial sin resultar oneroso. Así, las trampas artesanales resultan muy satisfactorias para productores de bajos recursos económicos y para usarse en el monitoreo de áreas grandes. No obstante, cada tipo o diseño de trampa tiene características que lo hacen diferente de otros, afectando los coeficientes resultantes de Taylor, mismos que a su vez afectarán el número requerido de trampas y en consecuencia el costo del monitoreo. Por lo tanto, es recomendable establecer los parámetros de la LPT para cada tipo de trampa. Igualmente es deseable establecer la relación varianza-media bajo diferentes sistemas productivos, épocas del año, densidades de la broca, etc.

La información generada con nuestro estudio permite disponer de una guía cuantitativa para establecer con mayor certeza el número de trampas por hectárea con fines de monitoreo. Como antes se indicó, el número requerido de trampas será afectado por el tipo o diseño de trampa, la densidad de la broca y el grado de precisión del monitoreo (Tabla 3), de tal forma que resulta riesgoso recomendar cantidades constantes. Por lo mismo, 16 trampas por hectárea, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000 (Tabla 2), podría no ser el número más adecuado para monitorear a la broca en áreas libres. Nuestros resultados indican que para estimar densidades bajas de broca (por ejemplo 1.0 broca/trampa), como podría esperarse en zonas libres con alto riesgo de invasión, serían necesarias 176 trampas ECOIAPAR por hectárea con precisión de 10% de error estándar de la media, 44 trampas con 20% y 20 trampas con 30% de precisión (Tabla 4). Si se usara ECOIAPAR, 16 trampas darían una precisión de 33%, pero con BROCAP y FIESTA la precisión sería de 34% y 27% respectivamente. Esto indica que un diseño como la trampa FIESTA sería el más recomendable para monitorear a la plaga en áreas libres porque sería más barato.

A pesar de los avances, todavía falta mucho por hacer en el monitoreo de la broca (Tabla 1). Por ejemplo, es necesario disponer de un atrayente mucho más específico que la mezcla de metanol-etanol, ya que particularmente en áreas libres se requiere la intervención de un especialista para diferenciar

a la broca de otros escolítidos del mismo género (*Hypothenemus*). También se requiere corroborar mediante experimentación la distancia óptima entre trampas e identificar los factores que la afectan. Otros estudios de gran trascendencia son aquellos para correlacionar las poblaciones capturadas en las trampas (densidad relativa) con los daños, la densidad por unidad de superficie (densidad absoluta) y otros índices como los días grados o unidades calor, información de mucha utilidad para pronosticar infestación en fruto o grano, pérdidas económicas y para establecer alertas tempranas, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Don Germán Pérez y su hijo Don Hermán Pérez, por todas las facilidades otorgadas para realizar este trabajo en su finca cafetalera Rancho La Esperanza, municipio de Tapachula, Chiapas. Esta investigación se realizó como parte de las investigaciones del proyecto "Bioecología y manejo de la broca del café en el Soconusco y Sierra de Chiapas" financiado por Fundación Produce Chiapas, A. C. Especialmente agradecemos la invitación que nos hizo el Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), Brasil a través del Comité Organizador para participar en el Workshop Internacional sobre manejo da Broca-do-Café, celebrado en Londrina, Paraná en 2004.

REFERENCIAS

- BAKER, P. S. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana*, v. 61, p. 9-24, 1984.
- BARRERA, J. F. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. 1994. 301 p. Tesis. Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 1994.
- BARRERA, J. F. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. In: Barrera, J. F. (Ed.) In: **IMPOSIO SOBRE SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN Y MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN COSTA RICA, CUBA, GUATEMALA Y MÉXICO**. 2005, Tapachula (México). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. p. 1-13.
- BARRERA, J. F. Aplicación de la Ley de Poder de Taylor al muestreo de insectos. In: Toledo Arreola, J. T.; Infante Martínez, F. I. **Manejo Integrado de Plagas**. México: Ed. Trillas. En prensa.

BARRERA, J. F.; HERRERA, J.; VALLE, J. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: Implicaciones en dispersión y muestreo. **Entomología Mexicana**, v. 4, p. 542-546, 2005.

BARRERA, J. F. et al. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. In: Barrera, J. F.; Montoya, P. (Eds.) **SIMPOSIO SOBRE TRAMPAS Y ATRAYENTES EN DETECCIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA**. 2006 Tapachula (México). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. p. 71-83.

BARRERA, J. F. et al. ECO-IAPAR el capturador de Broca del Café: Recicle botellas de plástico y gane contra la broca. El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, México. **Folleto técnico n. 8**, 16 p., 2003.

BUNTIN, G. D. Developing a primary sampling program. In: Pedigo, L. P.; Buntin, G. D. (Eds.) **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton (USA): CRC Press, 1994. p. 99-115.

DUFOUR, B. Validación de la trampa Brocap® para el control de la broca del café. **Boletín de Promecafé**, v. 93, p. 14-20, 2002.

JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. **Bulletin of Entomological Research**, v. 96, p. 1-12, 2006.

MANSINGH, A. Limitations of insecticides in the management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari. **Journal of Coffee Research**, v. 21, p. 67-98, 1991.

NORDENFORS, H.; CHIRICO, J. Evaluation of a sampling trap for *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1617-1621, 2001.

RUESINK, W. G. Introduction to sampling theory. In: Kogan, M.; Herzog, D. C. (Eds.) **Sampling methods in soybean entomology**. New York (USA): Springer-Verlag, 1980. p. 61-78.

TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v. 189, p. 732-735, 1961.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, v. 29, p. 321-357, 1984.

WALL, C. Principles of monitoring. In: Ridgway, R. L.; Silverstein, R. M.; Inscoc, M. N. (Eds.) **Behavior-modifying chemicals for insect management**. New York (USA): Marcel Dekker, Inc., 1990., p. 9-23.

WILSON, L. T. et al. Quantitative sampling principles in cotton IPM. In: Frisbie, R. E.; El-Zik, K. M.; Wilson, L. T. (Eds.) **Integrated pest management systems and cotton production**. New York (USA): John Wiley e Sons, 1989. p. 85-119.

ZAVALA-OLALDE, J. A. et al. Design and evaluation of traps for *Idiarthron subquadratum* (Orthoptera: Tettigoniidae) with farmers participation in coffee plantations of Chiapas, Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 821-835, 2005.

Patrocínio



COFERCATU



STIHL[®]



Apoio

Ministério da Agricultura
Pecuária e Abastecimento



**FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA**

Consórcio
Brasileiro de
Pesquisa
e Desenvolvimento
do Café



EMATER

CIRAD - França

FAEP Federação da Agricultura
do Estado do Paraná



INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Rod. Celso Garcia Cid, km 375 - C. Postal 481 - 86001 970 - Londrina - PR - Brasil

Fone: 55 43 3376 2000 - Fax: 55 43 3376 2101 - www.iapar.br - iapar@iapar.br