

EVALUACIÓN FÍSICA DE LAS APLICACIONES CON DIFERENTES EQUIPOS DE ASPERSIÓN PARA EL MANEJO DE LA BROCA¹

Diego Fabián Montoya*, Diógenes Alverto Villalba Guott**

MONTOYA, D. F.; VILLALBA G, D. A. Evaluación física de las aplicaciones con diferentes equipos de aspersión para el manejo de la broca. Revista Cenicafé 64 (2): 48-58. 2013

Con el objetivo de evaluar físicamente las aspersiones, en términos de cubrimiento y tamaño de gota, determinar el rendimiento de aplicación y el desprendimiento de frutos de café por el desplazamiento de los operarios, se evaluaron los equipos: de palanca (P), presión previa retenida (PPR), presión previa retenida con aguilón vertical (PPR+AV), motorizado de espalda (ME) y semiestacionario (SE). Los resultados mostraron que los mayores cubrimientos se registraron con los equipos ME y SE en las dos densidades y condiciones de pendiente. Los equipos de P, PPR y PPR+AV registraron cubrimientos similares y superiores a 300 gotas/cm². Los equipos SE y ME presentaron los menores tamaños de gota (VMD) y los mayores tamaños de gotas se registraron con los equipos P, PPR y PPR+AV. El mayor rendimiento de aplicación se presentó con el SE. Con los equipos manuales de espalda se registró mayor rendimiento (PPR+AV), seguido por el de P y el PPR. Los mayores desprendimientos de frutos se produjeron con los equipos ME, P y PPR+AV, en las densidades de 5.000 y 10.000 plantas/ha y pendiente mayor y menor al 40%. Puede concluirse que todos los equipos presentaron mayores cubrimientos y rendimiento de aplicación en la menor densidad de siembra, en ambas condiciones de pendiente.

Palabras clave: Cubrimiento, Diámetro medio volumétrico, rendimiento de aplicación, desprendimiento de frutos de café.

PHYSICAL EVALUATION OF SPRAYING SYSTEMS FOR THE CONTROL OF THE COFFEE BERRY BORER

In order to evaluate spraying physically in terms of: spray coverage, volume median diameter of droplets, determine the application work rate and removing of coffee fruits by displacement of the operators for coffee berry borer control the sprayers equipments were evaluated: lever-operated knapsack (LOKS), pressure retained sprayer (PRS), pressure retained sprayer with vertical boom (PRS + VB), motorised knapsack with piston pump (MKWPP) and semi-stationary (SS). The results showed that the greater coverage produced equipment (MKWPP) and (SS) in both density and slope conditions. The sprayer equipments (LOKS), (PRS) and (PRS + VB) recorded similar sprays coverage above 300 droplets/square centimeter. The equipment (SS) and (MKWPP) had the lowest droplet sizes (VMD) and higher (LOK), (PRS) and (PRS + VB). The major efficiency of spraying was presented by (SS), followed by the (MKWPP). Between the knapsack sprayers equipments the (PRS + VB) was the more efficient followed by the (LOKS) and finally the (PRS). The largest removing of coffee fruits was caused by sprayer equipments (MKWPP), (LOKS) and (PRS + VB) at densities of 5,000 and 10,000 plants/ha and higher slope and less than 40%. The conclusions of this research were: all the sprayer equipments had greater coverage and application work rate in the lowest density in both slope conditions. The equipment (SS) and (MKWPP) produced smaller droplet sizes but the major droplet size was produced by the (LOKS). The largest removing of coffee fruits was generated by the equipments (LOKS) and (MKWPP) and the lower by (PRS) and (SS).

Keywords: Spray coverage, volume median diameter, application work rate, removing of coffee fruits.

¹ Fragmento del Trabajo de Grado para optar el título de Agrónomo.

* Estudiante del programa de Agronomía de UNISARC.

** Investigador Asociado (Hasta abril de 2010). Disciplina de Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas Colombia..

La broca es considerada la plaga más importante del cultivo del café en el mundo, por atacar directamente el fruto, causando pérdida de peso, daño del grano y pérdida de la calidad de la bebida (2).

Desde su aparición en Colombia en 1988, La Federación Nacional de Cafeteros y el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, implementaron un programa de manejo integrado de la broca, que comprende el conocimiento de todos los factores del ecosistema cafetero y de sus múltiples interacciones. Estos componentes son: Control cultural (repases, recolecciones oportunas, evaluación de la calidad de la cosecha, entre otros), control biológico (parasitoides y entomopatógenos) y control químico (1).

En Centro América se utilizan diferentes equipos de aspersión para el control químico de la broca del café, tales como: Motorizados de espalda, aspersoras de palanca, aviones, helicópteros y termonebulizadores (2).

En la zona cafetera colombiana, para el control de la broca se utilizan diferentes equipos de aspersión, dependiendo de: La extensión de la finca, topografía del terreno, disponibilidad del agua, capacidad económica del caficultor y costo de los equipos, entre otros factores (6).

Hasta el momento se han utilizado diferentes equipos de aspersión para la aplicación de insecticidas y de entomopatógenos como el hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Estos equipos utilizan volúmenes de aplicación que varían entre 200 y 400 L.ha⁻¹ y, en algunos casos, usan boquillas que producen tamaños de gotas muy variables, lo que conlleva a pérdidas por deriva y escurrimiento de tal manera que su eficiencia normalmente se ve reducida (1, 3).

En la actualidad, la tecnología de aplicación y los equipos de aspersión están siendo utilizados deficientemente, lo cual ha generado: Incremento de los volúmenes de aplicación, utilización de altas dosis de los insecticidas, aumento en el número de las aplicaciones y consecuentemente baja eficacia de los mismos. Estas situaciones están ocasionando la contaminación del ecosistema cafetero, de los operarios que realizan las aplicaciones e incremento de los costos de las aplicaciones, y presionando a la broca para que adquiera resistencia.

En relación con la tecnología de aplicación, es importante tener en cuenta que una correcta aspersión debe realizarse en el momento oportuno, con la dosis correcta y con equipos calibrados correctamente, lo cual incluye: Adecuado volumen de aplicación por planta (25 a 50 cm³/planta, dependiendo de la edad), óptimo cubrimiento (50-70 gotas/cm²) y adecuado tamaño de gota (150-250 μ), con el fin de obtener alta eficacia biológica de los productos aplicados (7).

Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación que tuvo como objetivos: 1. Evaluar físicamente las aplicaciones en términos de cubrimiento y tamaño de gota; 2. Determinar el rendimiento de aplicación; y 3. Cuantificar el desprendimiento de los frutos de café por el desplazamiento de los operarios con los diferentes equipos de aspersión, con el fin de proporcionarle al caficultor, información actualizada sobre tecnología de aplicación y equipos de aspersión para el control de la broca del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se realizó en las finca La Merced, vereda La Muleta, municipio de Palestina y en la finca San Nicolás, vereda La Floresta, Chinchiná, en

el departamento de Caldas. Se seleccionaron cuatro lotes de café variedad Colombia, de 4 años de edad, con distancias de siembra de 1,0 x 1,0 m y 2,0 x 1,0 m, a libre exposición solar y topografía con una pendiente mayor y menor al 40%.

Materiales. Se utilizaron cinco equipos de aspersión (Tabla 1), tarjetas de papel Kromacote de 48 cm², azul de metileno técnico y lupa monocular de 15 X.

Evaluación física. Para la evaluación física de las aplicaciones con cada uno de los equipos de aspersión, en cada una de las fincas y condición de pendiente, la unidad de trabajo la conformó la jornada laboral de 8 h, con el fin de que los operarios laboraran todo el día, de 7:00 am a 11:00 am y de 1:00 pm a 5:00 pm, durante una semana. Para realizar las aplicaciones, se seleccionaron los operarios entre el personal que se dedicaba a las labores de aspersión en la finca, y se les dieron instrucciones detalladas de las aplicaciones y un entrenamiento previo sobre los equipos y los sistemas de aplicación.

Diseño experimental. Las unidades de trabajo se asignaron aleatoriamente para los equipos y los operarios, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, donde el factor de bloqueo lo conformaron los operarios. Para la evaluación física de las

aplicaciones, la última unidad de muestreo estuvo conformada por las tarjetas instaladas sobre los glomérulos.

Selección de las ramas y ubicación de las tarjetas. En cada unidad de trabajo se seleccionaron diez árboles aleatoriamente y en cada uno de ellos se tomó una rama al azar de la zona productiva, en la cual se instalaron tres tarjetas de papel Kromacote de 48 cm², previamente marcadas, en la posición interna, media y externa de la rama, enrollada y unida en los extremos, por medio de una cinta de enmascarar.

Adicionalmente, en cada uno de los diez árboles seleccionados aleatoriamente, se evaluó el desprendimiento de los frutos de café, ocasionado por el tránsito de los operarios con los equipos durante la aplicación. Antes de iniciar la labor de aspersión, se retiraron los frutos caídos en los platos de los árboles seleccionados.

Sistemas de aplicación. Antes de las aplicaciones, se calibraron los equipos de aspersión con cada uno de los operarios, para determinar el volumen de mezcla por árbol, el cual fue de 50 mL aproximadamente, y el número de árboles asperjados por minuto.

Para el efecto, con las aspersoras de palanca y presión previa retenida se utilizó el sistema de media cara por pasada en

Tabla 1. Descripción de los equipos de aspersión.

Tipo de equipo	Marca	Boquilla	Flujo (cm ³ .min ⁻¹)
Presión hidráulica	Royal Córdor	RC 350B 101X	350 ¹
Presión previa retenida (PPR)	Triunfo 40-100-10	TX3	200 ¹
PPR+ Aguilón vertical (AV)	Triunfo 40-100-10 + AV	TX3	800 ²
Motorizado de espalda ⁴	Murayama MS 056	D - 35	1.400 ³
Semiestacionario ⁵	Maruyama MS 253	D - 35	1.400 ³

1 = Presión 40 psi; 2 = Descarga de cuatro boquillas a 40 psi; 3 = Descarga de dos discos y 15 kg.cm⁻²; 4 = Motorizada de espalda con bomba de presión; 5 = Con 200 m de manguera.

zigzag y con el aguilón vertical dos medias caras por pasada. Con el equipo motorizado de espalda se usó el sistema de dos surcos por encima de la copa de los árboles y/o dos medias caras por pasada, dependiendo de la topografía y/o altura de los árboles, y con el equipo de aspersión semiestacionario se asperjaron dos medias caras de ida y dos de regreso (Figura 1).

Para que los operarios se entrenaran en las aplicaciones con los diferentes equipos de aspersión, antes de aplicar el azul de metileno, se aplicó el hongo *Beauveria bassiana*

(Balsamo) Vuillemin, en una concentración 5×10^9 esporas/g más 2 mL.L⁻¹ de Carrier, en vez de aplicar agua a los lotes de café.

Después de la aplicación de la segunda y/o tercera bombada, se lavaron los equipos y se procedió a aplicar el colorante azul de metileno técnico al 1%. Transcurridos 15 minutos después de las aplicaciones, se retiraron las tarjetas de las ramas, se colocaron en bolsas plásticas previamente marcadas, se llevaron al laboratorio para su evaluación y en cada una se leyeron diez campos al azar.

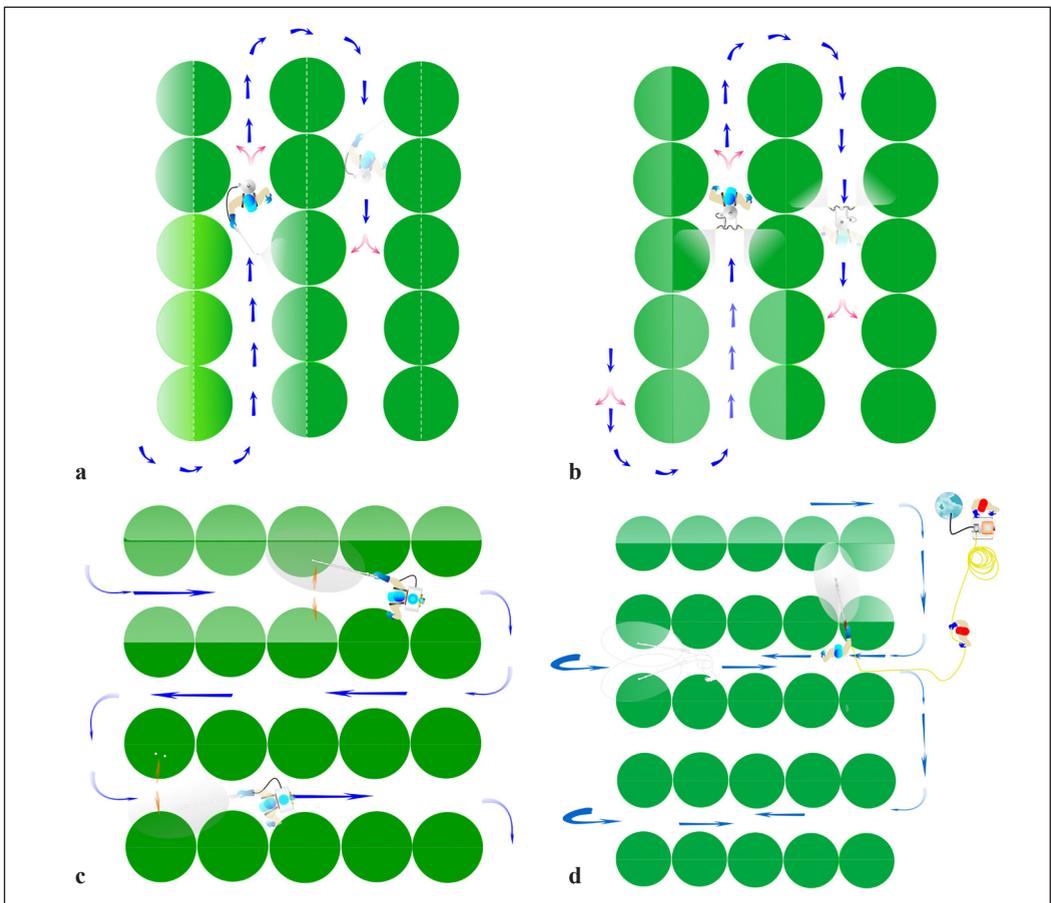


Figura 1. Sistemas de aspersión. **a.** Palanca y PPR. **b.** PPR+Aguilón. **c.** Motorizado de espalda. **d.** Semiestacionario.

Información registrada por unidad de trabajo

Evaluación física

Cubrimiento (Número de gotas/cm²). Para evaluar el cubrimiento se determinó el campo óptico de la lupa y/o del observador. Para el efecto, se colocó la lupa sobre un papel milimetrado y se contaron los cuadros (mm) observados en el campo, con este dato se calculó el área total mediante la fórmula $A = \pi \cdot r^2$, con la cual se determinó el campo óptico de la lupa (mm²), resultado que se empleó como el divisor de 100 mm² (1 cm²) para obtener el factor de conversión (F.C.). Para hallar el número de gotas por centímetro cuadrado (gotas/cm²), se multiplicó el factor de conversión por el número de gotas observado en el campo óptico de la lupa.

Diámetro Medio Volumétrico (VMD). Se determinó por el método del diámetro máximo (D.Max), el cual consiste en medir las gotas más grandes dentro de una secuencia lógica de cada colector, con la lupa de 15X, y luego, se clasificaron las gotas en diámetros de 50 μ. Posteriormente, de esta distribución se seleccionó la más grande, la cual debe cumplir los siguientes requisitos: Debe haber por lo menos dos gotas de este tamaño y una del tamaño inmediatamente inferior. Finalmente el VMD se determinó mediante la siguiente relación (Ecuación <1>):

$$VMD = \frac{D.Máx.}{F.E. \times 2,2} \quad \text{Ecuación <1>}$$

Donde:

VMD = Diámetro medio volumétrico
D.máx = Diámetro máximo
F.E. = Factor de expansión
2,2 = Constante

El factor de expansión de una gota cuando se usa el colorante azul de metileno y el papel Kromacote es uno (7).

Rendimiento de aplicación. Cada uno de los operarios, cinco en total, asperjaron durante la jornada laboral con cada uno de los equipos; una vez terminada la labor se contó el número de árboles asperjados.

Desprendimiento de frutos. Para la evaluación de esta variable, se recogieron los frutos del plato del árbol que cayeron al paso de los operarios con los diferentes equipos de aspersión.

Variables de respuestas

- **Evaluación física.** Número de gotas por centímetro cuadrado asociado al indicador del cubrimiento, y micras, asociado al indicador de tamaño de gota (diámetro medio volumétrico- VMD).
- **Rendimiento de aplicación.** Número de árboles asperjados por jornada, asociada al indicador de rendimiento.
- **Desprendimiento de los frutos de café.** Número de frutos desprendidos por árbol.

Análisis estadístico de la información

En cada pendiente se estimaron los promedios y variación para las variables de respuesta, con los equipos evaluados.

Se realizó el análisis de varianza bajo el modelo para el diseño experimental de bloques completos al azar, donde el factor de bloqueo fue el operario. También se hizo la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación física - cubrimiento (Número de gotas/cm²). Cuando se realizaron las aplicaciones en los lotes de 5.000 y 10.000 árboles/ha y pendiente superior e inferior al 40%, los mayores cubrimientos se registraron con los equipos semiestacionarios y motorizados de espalda, sin diferencia estadística significativa entre ellos, pero sí con los equipos manuales (PPR con aguilón vertical, PPR) y de palanca, entre los cuales no hubo diferencias estadísticas (Tabla 2).

En las dos condiciones de pendiente, los mayores cubrimientos se obtuvieron en la densidad de 5.000 árboles/ha, con todos los equipos de aspersión, probablemente por la facilidad de desplazamiento de los operarios entre los surcos de café y por la penetración y distribución del espectro de aspersión, favorecidos por las corrientes de viento en los diferentes tercios de los árboles de café (alto, medio y bajo), tanto en la posiciones interna como externa. No hubo diferencias estadísticas entre los cubrimientos registrados por los equipos de aspersión en las dos densidades y pendientes.

Los mayores cubrimientos se obtuvieron con los equipos semiestacionario y motorizado de espalda, debido probablemente a que

éstos son operados a más altas presiones (15 kg.cm⁻² – 217,5 libras de presión -P.S.I.) que los manuales de espalda (PPR y PPR+AV), los cuales normalmente se trabajan a 40 P.S.I., y los de palanca en los cuales la presión puede variar entre 30 y 80 P.S.I. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Mathews (4) y Villalba (7), quienes encontraron que cuando se utilizan altas presiones se obtienen mayores cubrimientos y menores tamaños de gota. Además, Sierra y Villalba (5), al realizar la evaluación física de los equipos de PPR y PPR con aguilón vertical, registraron cubrimientos entre 132 a 192 gotas/cm² y cuando utilizaron el aguilón vertical y 10.000 plantas/ha el cubrimiento fue de 244 a 334 gotas/cm².

Evaluación física – tamaño de gota (VMD). Cuando se realizaron las aplicaciones en cafetales con 5.000 plantas/ha y pendiente superior al 40%, el mayor promedio de tamaño de gota (VMD) lo registró el equipo de palanca, seguido por el PPR y PPR+AV, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con los equipos motorizados de espalda y semiestacionario, los cuales presentaron los menores tamaños de gota (Tabla 3).

Cuando se realizaron las aplicaciones en cafetales con 5.000 árboles/ha y pendiente inferior al 40%, el mayor promedio de

Tabla 2. Promedio del cubrimiento registrado por los diferentes equipos de aspersión.

Equipo de aspersión	Densidad de siembra (plantas/ha)			
	5.000	10.000	5.000	10.000
	Pendiente > al 40%		Pendiente < al 40%	
	Número de gotas/cm ²			
Palanca	588,4 b*	328,0 b	626,0 b	530,35 b
PPR	494,7 b	302,1 b	541,2 b	482,7 b
PPP + AV	605,9 b	391,0 b	629,7 b	587,8 b
Motorizado de espalda	1.238,0 a	934,2 a	1.231,6 a	1.117,0 a
Semiestacionario	1.320,4 a	1.073,8 a	1.089,9 a	998,9 a

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %).

Tabla 3. Promedio del tamaño de gota (VMD) con diferentes equipos de aspersión, en cafetales con 5.000 plantas/ha y pendientes mayores al 40%.

Equipo de aspersión	Diámetro Medio Volumétrico (μ)	
	Promedio	C.V.**
Palanca	272,16 a*	13,71
PPR	268,11 a	17,47
PPP + AV	257,13 a	11,57
Motorizado de espalda	130,49 b	27,82
Semiestacionario	115,09 b	8,74

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C.V. Coeficiente de Variación.

tamaño de gota (VMD) lo registró el equipo de palanca, siendo diferente estadísticamente a los otros equipos manuales y motorizados. Entre las aspersoras de PPR y PPR+AV, no hubo diferencias estadísticas pero sí entre éstos con el motorizado de espalda y el semiestacionario, entre los cuales no hubo diferencias estadísticas (Tabla 4).

Cuando se realizaron las aplicaciones en cafetales con 10.000 plantas/ha y pendientes superiores al 40%, el mayor promedio de tamaño de gota (VMD) se registró con la aspersora de palanca, sin diferencias estadísticas con el equipo PPR, pero sí con los demás equipos de aspersión (Tabla 5). El PPR y PPR+AV no presentó diferencias

Tabla 4. Promedio del tamaño de gota (VMD) con diferentes equipos de aspersión, en cafetales con 5.000 plantas/ha y pendientes < al 40%.

Equipo de aspersión	Diámetro Medio Volumétrico (μ)	
	Promedio	C.V.**
Palanca	276,60 a*	6,19
PPR	197,21 b	1,71
PPP + AV	194,60 b	7,76
Motorizado de espalda	102,92 c	9,75
Semiestacionario	98,21 c	4,09

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %). **C.V. Coeficiente de Variación.

estadísticas significativas, ni este último con el motorizado de espalda, pero sí con el semiestacionario. Entre el motorizado de espalda y el semiestacionario no hubo diferencias estadísticas.

Tabla 5. Promedio del tamaño de gota (VMD) con diferentes equipos de aspersión, en cafetales con 10.000 plantas/ha y pendientes mayores al 40%.

Equipo de aspersión	Diámetro Medio Volumétrico (μ)	
	Promedio	C.V.**
Palanca	310,33 a*	32,93
PPR	263,84 ab	8,64
PPP + AV	217,23 bc	14,25
Motorizado de espalda	138,41 cd	3,93
Semiestacionario	110,05 d	6,27

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %). **C.V. Coeficiente de Variación.

En las aplicaciones en cafetales con 10.000 plantas/ha y pendientes inferiores al 40%, el mayor promedio de tamaño de gota (VMD) se registró con el equipo de palanca, con diferencias estadísticas con los demás equipos de aspersión. Entre el PPR y PPR+AV no hubo diferencias estadísticas significativas, pero sí entre éstos con los equipos motorizado de espalda y semiestacionario (Tabla 6).

Por el sistema de funcionamiento de las aspersoras de palanca, en las cuales la presión es muy variable, puede esperarse variación del tamaño de gota y del cubrimiento. Además, la descarga de la boquilla RC 350B 101X es de $350 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a 40 PSI, razón por la cual produce gotas más grandes que la boquilla TX3 ($200 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a 40 PSI) que se utilizó con los equipos de PPR y PPR+AV.

Los equipos motorizado de espalda y semiestacionario siempre produjeron gotas más pequeñas que las aspersoras manuales

porque son operados a mayor presión, además, la aplicación es indirecta y está muy influenciada por la dirección y velocidad del viento.

Tabla 6. Tamaño de gota (VMD) promedio con diferentes equipos de aspersión en cafetales con 10.000 plantas/ha y pendientes < al 40%.

Equipo de aspersión	Diámetro Medio Volumétrico (μ)	
	Promedio	C.V.**
Palanca	329,18 a*	8,29
PPR	143,03 b	0,93
PPR+AV	140,72 b	2,14
Motorizado de espalda	102,70 c	10,41
Semiestacionario	98,46 c	7,85

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C.V. Coeficiente de Variación.

Rendimiento de aplicación (Número de árboles asperjados por jornal). El mayor rendimiento de aplicación se obtuvo con el equipo semiestacionario (Tabla 7), con diferencias estadísticas con los otros equipos de aspersión, seguido por el motorizado de espalda, el cual fue diferente estadísticamente a los equipos de palanca, PPR y PPR+AV, cuando se realizaron las aplicaciones en los lotes de 5.000 plantas/ha y pendiente mayor y menor al 40%.

Con el equipo semiestacionario en los lotes de 5.000 árboles/ha y pendiente superior al 40%, se registró el mayor número de árboles asperjados, pero este valor disminuyó cuando se realizó la aplicación en lotes con densidad de 10.000 árboles/ha.

El mayor rendimiento de aplicación diario se registró con el equipo semiestacionario, pero éste fue operado por tres trabajadores (tres jornales), seguido por el motorizado de espalda. El equipo de PPR fue el que registró el menor rendimiento de aplicación en ambas condiciones de pendiente, debido

a su funcionamiento manual y a la cantidad de descarga por minuto.

Cuando se realizaron las aspersiones en los lotes de 5.000 y 10.000 árboles/ha y pendiente superior e inferior al 40%, los mayores rendimientos se obtuvieron con los equipos semiestacionario y motorizado de espalda, pero el número de árboles asperjados fue ligeramente mayor con ambos equipos en la menor pendiente, con diferencias estadísticas entre ellos y los demás equipos de aspersión.

Los altos rendimientos de aplicación por jornal obtenidos con los equipos semiestacionario y motorizado de espalda, se deben: a las altas presiones de operación de los equipos, a la utilización de lanzas de doble salida (mayor descarga por minuto), al sistema y a la velocidad de aplicación, asperjando mayor cantidad de árboles por unidad de tiempo, a diferencia de los equipos manuales de espalda (palanca y PPR), en los cuales las boquillas son de menor descarga y por lo tanto menor velocidad de aplicación, asperjando menor número de árboles por unidad de tiempo.

Los resultados obtenidos fueron similares a los registrados por Sierra y Villalba (5), cuando determinaron los rendimientos de aplicación con los equipos de PPR y PPR+AV, al mencionar que este último funcionó adecuada y eficientemente en las diferentes pendientes y densidades de siembra, al compararlo con el equipo de PPR con lanza.

Desprendimiento de frutos de café. En la Tabla 8 puede observarse que cuando se utilizaron los equipos de aspersión en los lotes con densidades de 5.000 plantas/ha y pendiente mayor al 40%, el equipo de palanca presentó el mayor promedio de frutos desprendidos, seguido por el motorizado de espalda y el

Tabla 7. Rendimiento promedio de aplicación con los diferentes equipos de aspersión.

Equipo de aspersión	Densidad de siembra (árboles/ha)			
	5.000	10.000	5.000	10.000
	Pendiente > al 40%		Pendiente < al 40%	
	Árboles asperjados/jornal			
Palanca	2.002 d**	1.634 d	2.027 d	1.943 d
PPR	1.307 e	1.266 e	1.436 e	1.277 e
PPP + AV	3.109 c	2.813 c	3.174 c	2.698 c
Motorizado de espalda	5.042 b	3.715 b	5.282 b	4.926 b
Semiestacionario*	8.369 a	7.769 a	8.200 a	8.279 a

*Equipo operado de tres operarios; **Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %).

PPR+AV, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí entre la aspersora de palanca y los equipos PPR y semiestacionario, los cuales no fueron estadísticamente diferentes.

En general, para densidades de 5.000 árboles/ha y pendiente superior al 40%, no hubo diferencias estadísticas en cuanto al desprendimiento de frutos entre los equipos de palanca, motorizado de espalda y PPR+AV, ni entre los equipos motorizado de espalda, PPR+AV, PPR y semiestacionario.

En cafetales con densidades de 5.000 **Tabla 8.** Promedio de desprendimiento de frutos en cafetales con densidades de 5.000 plantas/ha y pendientes > al 40%.

Equipo de aspersión	Promedio de frutos desprendidos por árbol	C.V.**
Palanca	0,92 a*	61,19
Motorizado de espalda	0,53 ab	99,50
PPR+AV	0,40 ab	136,93
PPR	0,06 b	223,60
Semiestacionario	0,02 b	223,60

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C.V. Coeficiente de Variación.

plantas/ha y pendiente menor al 40% no hubo diferencias estadísticas entre los diferentes equipos de aspersión, pero el mayor promedio de frutos desprendido

se registró con el equipo motorizado de espalda (Tabla 9).

Tabla 9. Desprendimiento de frutos promedio en cafetales con densidades de 5.000 plantas por hectárea y pendientes < al 40%.

Equipo de aspersión	Promedio de frutos desprendidos por árbol	C.V.**
Motorizado de espalda	0,62 a*	114,18
Palanca	0,32 a	74,60
PPR+AV	0,32 a	143,88
Semiestacionario	0,06 a	223,60
PPR	0,00 a	-----

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C.V. Coeficiente de Variación.

Cuando se utilizaron los diferentes equipos de aspersión en cafetales con densidades de 10.000 plantas/ha y pendientes superiores al 40% el mayor promedio de frutos desprendidos se registró con los equipos motorizado de espalda y de palanca, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con los equipos PPR, PPR + aguilón vertical y semiestacionario, con los cuales se desprendieron menores cantidades de frutos (Tabla 10).

Cuando se utilizaron los diferentes equipos de aspersión en cafetales con

densidades de 10.000 plantas/ha y pendiente inferiores al 40%, el mayor promedio de frutos desprendidos lo presentó el equipo PPR+AV, seguido por el equipo de palanca y el motorizado de espalda, entre los cuales no hubo diferencias estadísticas significativas, pero sí entre éstos y los equipos PPR y semiestacionario. El motorizado de espalda no fue diferente estadísticamente al PPR y al semiestacionario (Tabla 11). La mayor cantidad de frutos desprendidos se debe posiblemente a la distancia entre surcos y, por lo tanto, a la dificultad de desplazamiento de los operarios con los diferentes equipos de aspersión y a la pendiente del terreno.

Tabla 10. Desprendimiento de frutos promedio en cafetales con densidades de 10.000 plantas/ha y pendientes > al 40%.

Equipo de aspersión	Promedio de frutos desprendidos por árbol	C.V.**
Motorizado de espalda	16,64 a*	19,22
Palanca	13,30 a	15,14
Semiestacionario	6,26 b	66,33
PPR+AV	5,22 b	34,36
PPR	2,60 b	37,19

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C. V. Coeficiente de Variación.

Tabla 11. Desprendimiento de frutos en cafetales con densidades de 10.000 plantas/ha y pendientes < al 40%.

Equipo de aspersión	Promedio de frutos desprendidos por árbol	C.V.**
PPR+AV	6,86 a*	22,28
Palanca	6,10 a	26,91
Motorizado de espalda	4,18 a	47,96
PPR	2,10 b	39,41
Semiestacionario	2,04 b	54,76

*Promedios seguidos por letras distintas presentan diferencias estadísticas (Tukey al 5 %); **C. V. Coeficiente de Variación.

Puede concluirse que:

- Los equipos de palanca, PPR y PPR+aguilón vertical, registraron cubrimientos similares entre ellos, superiores a 300 gotas/cm² en las dos pendientes y densidades de siembra.
- Con los equipos motorizado de espalda y semiestacionario se obtuvieron los mayores cubrimientos, en las cuatro condiciones experimentales.
- El equipo PPR+AV funcionó adecuada y eficientemente en las dos pendientes y densidades de siembra al compararlo con el equipo PPR.
- Los equipos de aspersión: de palanca, PPR, PPR+AV, motorizado de espalda y semiestacionario, registraron cubrimientos superiores a 50 gotas/cm².
- Los mayores cubrimientos con los diferentes equipos de aspersión se presentaron en la posición externa, seguida por la media y, por último, en la posición interna.
- Los equipos motorizado de espalda y semiestacionario presentaron los menores tamaños de gota y, por lo tanto, los mayores cubrimientos en las cuatro condiciones experimentales.
- La aspersora de palanca, siempre presentó el mayor tamaño de gota en las dos pendientes y densidades de siembra, en relación con los otros equipos de aspersión.
- Con el equipo motorizado de espalda se obtuvo el mayor rendimiento de aplicación por jornal, en los lotes con pendientes mayores y menores al 40% y densidades de 5.000 y 10.000 plantas/ha.

- El mayor número de árboles asperjados por jornada de trabajo se registró con el equipo semiestacionario, pero éste fue manejado por tres operarios, lo cual implica un mayor número de unidades de servicio por jornal.
- Con el equipo motorizado de espalda se obtuvo el mayor rendimiento de aplicación por jornal, en los lotes con pendientes mayores y menores al 40% y densidades de 5.000 y 10.000 plantas/ha.
- La mayor cantidad de frutos desprendidos se presentó en los lotes con alta densidad de siembra, 10.000 plantas/ha.
- En los lotes con pendientes mayores al 40% se ocasionaron los mayores desprendimientos de frutos.
- Los equipos de aspersión motorizado de espalda, palanca y PPR con aguilón vertical fueron los que ocasionaron los mayores desprendimientos de frutos de café en las condiciones del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes personas y entidades que brindaron su apoyo y colaboración en las diferentes etapas del estudio: A La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Cenicafé, al doctor Gabriel Cadena Gómez, a la doctora Esther C. Montoya Restrepo, y a los caficultores en

cuyas fincas se desarrolló la investigación, los señores Mauricio Gutiérrez Delgado y Diego Uribe Jaramillo, propietario y administrador, respectivamente, de la finca La Merced, y los señores Alfredo Restrepo Jaramillo y Nicolás Trujillo Gómez, propietario y administrador, respectivamente, de la finca San Nicolás.

LITERATURA CITADA

1. BUSTILLO P., A.; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná : Cenicafé, 1998. 134 p.
2. DECAZY, B. Métodos de control químico y cultural de la broca del fruto de café. p. 147-158. En: Memorias del curso sobre manejo integrado de plagas del café con énfasis en broca del fruto *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Guatemala : IICA : PROMECAFE, 1987.
3. FLORÉZ M., E.; BUSTILLO P., A.E.; MONTOYA R., E.C. Evaluación de equipos de aspersión para el control de *Hypothenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. Cenicafé 48(2):92-98. 1997.
4. MATTHEWS, G.A. Pesticide application methods. London : Longman, 1979. 335 p.
5. SIERRAS, C.A.; VILLALBA G., D.A. Evaluación de las aplicaciones con aspersoras convencionales de espalda, equipada con aguilón vertical en cafetales densos: Taller sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Chinchiná : Cenicafé, 1982. 10 p.
6. VILLALBA G., D. Calibración de aspersoras manuales de espalda. Chinchiná : Cenicafé, 1995. 16p. (Boletín de extensión No. 75).
7. VILLALBA G., D. Tecnología de aplicación y equipos de aspersión para el control de la broca del café. Chinchiná : Cenicafé, 2003. 45 p.