

# COSECHA DE CAFÉ CON EL EQUIPO PORTÁTIL STIHL SP-81, DE ACTUADORES OSCILANTES

Diego Díaz-Gaitán\*; César Augusto Ramírez-Gómez\*; Carlos Eugenio Oliveros-Tascón\*;  
Edilson León Moreno-Cárdenas\*

---

## RESUMEN

**DÍAZ G., D.; RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; MORENO C., E.L. Cosecha de café con el equipo portátil STIHL SP – 81, de actuadores oscilantes. Cenicafé 60(1):41-57. 2009.**

En condiciones de la caficultura colombiana, se evaluó el equipo de cosecha portátil STIHL SP-81, producido comercialmente para la cosecha semi-mecanizada del café en otros países. Con el equipo se aplican vibroimpactos a las ramas y frutos, con un actuador compuesto de dos juegos de cinco dedos, fabricados en poliamida reforzada, soportados en el extremo de una lanza y accionados por un motor de combustión interna de 0,95 kW. La primera fase se realizó en una finca del municipio del Líbano (Tolima), en el pico de la cosecha principal del 2006, en un lote de 2.000 árboles de variedad Caturra y Colombia, sembrado a 2,0 x 0,5 m, con promedios de carga y concentración de frutos maduros de 320 g/árbol y 33%, respectivamente. La segunda fase en la Subestación Experimental El Tambo (Cauca) en el pico de cosecha principal del 2007, en un lote de café variedad Colombia, sembrado a 2,0 x 1,0 m, con promedios de carga de 916 g/árbol y 60% concentración de frutos maduros. En la primera fase los resultados no fueron favorables a la tecnología, principalmente por el incremento en el costo unitario de recolección. En la segunda fase, sin repase manual adicional, se logró reducir el costo unitario en 41,4% e incrementar el rendimiento del operario en 102,5%, con relación a la cosecha manual. Con el equipo STIHL se recolectó café con 11,5 y 15,8% de frutos verdes, por lo cual se requiere separarlos en el beneficio para obtener café de alta calidad.

**Palabras clave:** Cosecha semi-mecanizada, vibraciones, impactos, costo unitario, rendimiento.

---

## ABSTRACT

The portable harvesting equipment device STIHL SP-81, commercially produced for semi-mechanized coffee harvesting in other countries, was evaluated in the Colombian coffee growing conditions. With this equipment the branches and fruits receive vibroimpacts by a striker with two five-finger sets made of reinforced polyamide, supported in the extreme of a handle rod and driven by a 0.95 kW IC internal combustion engine. The first phase was carried out in a farm located in the municipality of El Líbano (Tolima), in the peak crop of 2006, in a plot sown with 2,000 trees of the Caturra variety, planted at 2.0 x 0.5m, with ripe fruits load and concentration rates of 320 g/tree and 33%, respectively. The second phase was conducted in an experimental station in El Tambo (Cauca) in the peak crop of 2007 in a plot of Colombia variety trees planted at 2.0 x 1.0m, with load average of 917 g/tree and 60% of ripe fruits concentration. The results obtained in the first phase were not favorable for the technology due mainly to the increase of the unitary harvesting cost. In the second phase, without additional manual harvesting, the unitary harvesting cost was reduced in 41.4% and the picker's efficiency increased in 102.5%, compared to manual harvesting. Coffee with 11.5% and 15.8% of unripe fruits was picked using the STIHL equipment, which makes it necessary to separate them in the wet process in order to obtain good-quality coffee.

**Keywords:** Semi-mechanized harvesting, vibrations, impacts, unitary cost, yielding.

---

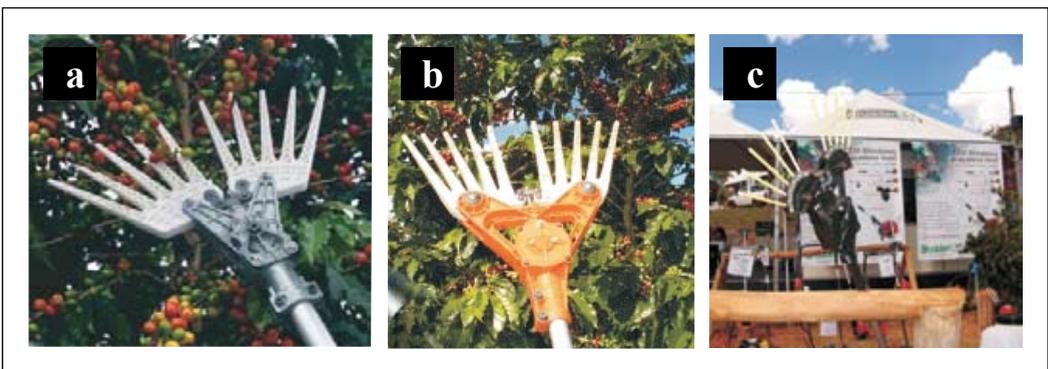
\* Investigador Asociado, Investigador Científico I, Investigador Principal e Investigador Asociado, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La calidad del café producido en Colombia es el resultado de varios factores, entre ellos las condiciones ambientales, las variedades, la recolección y el beneficio. La recolección se realiza manualmente, desprendiendo principalmente los frutos maduros uno a uno, para no afectar la calidad en taza; ésta es una labor que implica bajos rendimientos y altos costos, alrededor del 38% de los costos totales de producción según Duque (4). En algunas regiones colombianas, en años recientes se ha detectado falta de mano de obra para la recolección del café, lo cual ha ocasionado pérdidas económicas a los productores, por la caída de frutos maduros contribuyendo a incrementar el costo de esta labor, que es relativamente alto con relación a otros países productores.

Zarate *et al.* (12) en una simulación sobre la competitividad del café en función de los costos de recolección muestran cómo la mecanización de la cosecha reduciría los costos unitarios de la actividad, permitiendo obtener mayor rentabilidad en comparación con la cosecha manual y contribuir a una caficultura más competitiva gracias a la disminución de

los costos de producción. Según Ciro *et al.* (3), la cosecha semimecanizada está siendo utilizada en países como Estados Unidos (Hawaii), Brasil y Australia, para la recolección de diferentes frutos (olivos, cítricos, cerezas y otros). Ésta se realiza mediante dispositivos mecánicos que producen vibración al árbol en ciertos puntos como tallos o ramas, o impactan directamente los frutos, ocasionando finalmente el desprendimiento de éstos.

En zonas cafeteras del Brasil, especialmente en plantaciones de alta densidad, localizadas en terrenos ondulados, donde la mano de obra para la cosecha de café es escasa y costosa, en años recientes se ha incentivado el empleo de dispositivos portátiles, conocidos como *derriçadoras*<sup>1</sup> (Figura 1). Estos equipos son de relativo bajo precio (<US\$ 1.000), bajo peso (menos de 7 kg) y son accionados con motores de dos tiempos de baja potencia (< 1,5kW). De acuerdo con Silva (9), con esta tecnología se ha logrado incrementar en más del 50% el rendimiento de los operarios con relación a la cosecha manual, y disminuir en más del 20% el costo unitario de la cosecha.



**Figura 1.** Derriçadoras de frutos de café marca Stihl (a), Dakimaq (b) y Shindaiwa (c).

<sup>1</sup> Significa derriçadora, y es el nombre común en Brasil dado a dispositivos portátiles de cosecha con los cuales se desprenden frutos de café impactándolos directamente o a las ramas.

Teniendo en consideración los resultados obtenidos con las investigaciones realizadas en otros países, las experiencias adquiridas en Cenicafé en cosecha de café con equipos portátiles y la acogida que ha tenido la comercialización de estos equipos en países como Brasil y Centroamérica, principalmente, se adelantó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar técnica y económicamente el equipo portátil de impacto al follaje marca STIHL SP-81, para la cosecha del café en Colombia.

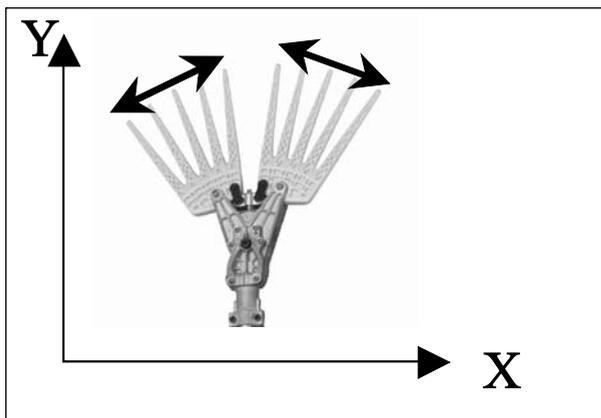
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un equipo marca STIHL modelo SP-81, con un eje de 1 m de longitud y dos actuadores (golpeadores) fabricados en poliamida reforzada, que oscilan en contrasentido gracias a un mecanismo de cuatro barras que convierten la rotación del eje en oscilación, efectuada en un solo plano (Figura 2). Este equipo se compone de un motor de combustión interna de 25,4 cm<sup>3</sup>, 0,95 kW (a 10.500 r.p.m) y peso total de 5,4 kg con el tanque de combustible lleno (5) (Tabla 1). Para recibir los frutos se emplearon mallas conocidas comercialmente

como serán al 70% de 25 x 3 m colocadas en el suelo.

**Localización.** El experimento se realizó en la finca el Edén, localizada en el municipio del Líbano (Tolima), y en la Subestación Experimental El Tambo, ubicada en el municipio El Tambo (Cauca), en la semana pico de recolección para el primer semestre del año 2006 y 2007, respectivamente. Las características geográficas y climáticas se presentan en la Tabla 2.

En esta investigación, de tipo exploratoria, se evaluó técnica y económicamente el equipo STIHL SP-81, en dos fases. En la fase I, se realizó un reconocimiento y adecuación del uso de la tecnología en condiciones adversas de carga y maduración, con un grupo de trabajo conformado por tres operarios, dos encargados de atender las labores con mallas, para recoger el café desprendido por el equipo y descargarlo en los costales, y un operario realizó la cosecha con el equipo STIHL SP-81. Las mallas se unieron en sus bordes por medio de velcro de 25 mm de ancho, con el fin de reducir las pérdidas de café al suelo. En la fase II, en un lote con mejores características de carga y maduración



**Figura 2.**  
Actuador de la derribadora  
SP-81.

en los árboles que en la etapa anterior, se modificó la estrategia de trabajo con el fin de mejorar la relación hombre/máquina. Se trabajó simultáneamente con dos equipos STIHL SP-81, con operarios previamente entrenados en su manejo, y se disminuyó a seis el número de mallas serán utilizadas.

En la fase I, el lote contó con 2.000 árboles, los cuales se cosecharon en diez jornadas de trabajo, cinco de ellas para

capacitar a los operarios y cinco para la ejecución del experimento, cada una de ocho horas (unidad de trabajo). En la fase II se cosecharon aproximadamente 1.500 árboles, en cuatro jornadas de trabajo, cada una de ocho horas (unidad de trabajo), con las características presentadas en la Tabla 3.

**Caracterización del lote.** Previo al inicio de las evaluaciones en la fase I, se tomaron aleatoriamente 81 árboles para caracterizar el

**Tabla 1.** Otras especificaciones técnicas del equipo.

Capacidad del tanque de combustible (L)	0,44
Velocidad de rotación en ralenti (r.p.m.)	2.800
Frecuencia de los impactadores a 4.000 cpm (Hz)	66,7
Ángulo de oscilación (°)	9,50
Longitud del actuador (cm)	38,7
Longitud total del equipo (m)	2,05
Número de dedos / vástagos	2/5
Sistema de trabajo	vibración

**Tabla 2.** Características geográficas y climáticas de las zonas de estudio.

	Localización geográfica	
	Líbano	El Tambo
Latitud	4° 54 N	2° 24 N
Longitud	75° 02 W	76° 44 W
Altitud (m.s.n.m)	1.456	1.735
Características climáticas		
Temperatura media (°C)	20,5	18,9
Precipitación (mm)	2.123	1.685
Brillo solar (horas año)	1.558	1.850
Humedad relativa (%)	82	76

Fuente: Anuario meteorológico 2005 (2).

**Tabla 3.** Características generales de los lotes.

	Líbano	El Tambo
Variedad	Caturra y Colombia	Colombia cereza amarilla
Edad	3ª cosecha	3ª zoca, 4ª cosecha
Patrón de siembra	2,0 x 0,5 m	2,0 x 1,0 m
Porcentaje de maduración (promedio)	33%	60%
Pendiente máxima	30%	15%

lote en cuanto a patrones de concentración (PC), como lo realizaron Isaza *et al.* (6). Adicionalmente, para las fases I y II se tomaron aleatoriamente 70 y 13 árboles, respectivamente, para determinar la carga (peso de los frutos maduros por árbol) y el porcentaje de frutos maduros, a través de las siguientes expresiones matemáticas (Ecuaciones <<1>> y <<2>>).

$$C = \frac{W_a}{n_a} \quad \text{<<1>>$$

Donde:

$C$ : Frutos maduros por árbol (kg)

$W_a$ : Peso total de frutos maduros por árbol (kg)

$n_a$ : Número de árboles muestreados

$$PM = \left[ 1 - \frac{W_v}{W_t} \right] \quad \text{<<2>>$$

Donde:

$PM$ : Porcentaje de frutos maduros (%)

$W_v$ : Peso de frutos verdes (kg)

$W_t$ : Peso total de los frutos (verdes + maduros) (kg)

Para la fase II, la carga se determinó con la relación masa de café recolectada/número de árboles.

**Procedimiento.** Para la recolección del café el operario ubicó el actuador del equipo en las ramas con mayor concentración de café maduro, impactándolas durante tres a cuatro segundos. En zonas donde la concentración fue baja, el operario no empleó el equipo, con el fin de disminuir la cantidad de café verde cosechado, y el café maduro presente en esas zonas del árbol fue recolectado manualmente por otro operario (repose), solamente para la fase I. En cada surco la cosecha de los árboles se realizó por caras (la mitad de los árboles), con movimientos de arriba hacia abajo en zigzag; en las ramas, la recolección se realizó en dirección del tronco hacia afuera de acuerdo con lo recomendado por Vélez *et al.* (11) (Figura 3).

En cada jornada de trabajo, para la fase I se registraron los tiempos empleados en el manejo de las mallas, en la operación del equipo, el repose, la limpieza, el empaque



Figura 3. Manejo operativo del equipo en los árboles (a) y en las ramas (b).

del café y el tiempo neto de cosecha. Igualmente, en cuatro jornadas realizadas por un grupo de recolectores que trabajaron también en lotes aledaños a los utilizados en la evaluación del equipo, se registró la masa del café cosechado (kg), el número de árboles recolectados, el porcentaje de árboles con ramas dañadas, la cantidad de combustible utilizado por jornada (L) y la cantidad de café recolectado manualmente (kg). En la fase II se registraron el tiempo neto de cosecha (h) y la masa del café cosechado (kg), para las tres jornadas con el equipo y una jornada en cosecha manual, con cuatro operarios (dos de ellos trabajaron con el equipo).

La siguiente es la secuencia de las actividades de cosecha llevadas a cabo por los operarios con el equipo STIHL SP-81 (Figura 4).

Con la información registrada se calcularon las siguientes variables asociadas a indicadores de cosecha para el equipo STIHL SP-81:

**Frutos maduros sin recolectar, asociados al indicador Eficacia.** Antes de cada jornada de trabajo para las fases I y II se marcaron aleatoriamente 90 y 10 árboles, respectivamente. Al final del día se contaron los frutos maduros dejados en cada árbol y se obtuvo el promedio (FMSR).

**Frutos caídos al suelo, asociados al indicador Pérdidas.** Se recogieron los frutos de café dejados en el plato de cada uno de los árboles citados anteriormente, para las fases I y II, y se obtuvo el promedio (FCS).

**Frutos verdes en la masa cosechada (%), asociados al indicador Calidad.** Del café recolectado en la fase I, se pesó cada costal, se separó manualmente el café verde y se pesó; a partir de este valor y del peso total del café cosechado se obtuvo el porcentaje de

frutos verdes en la masa cosechada (VMC), asociado al indicador calidad. Para la fase II, en cada jornada se tomaron tres muestras de aproximadamente 400 g, y se realizó el mismo proceso.

**Masa de café recolectada/hora, asociada al indicador Eficiencia.** Para su estimación se tuvo en cuenta el peso del café cosechado al finalizar las jornadas de trabajo y los tiempos netos (incluyendo el tiempo en mallas y repase para la fase I, y sin el repase para la fase II (Ecuación <<3>>).

$$C_{rh} = \frac{\left[ \frac{C_r}{T_n} \right]}{n_o} \quad \langle\langle 3 \rangle\rangle$$

Donde:

$C_{rh}$ : Café recolectado por hora/operario (kg/h-operario)

$C_r$ : Café recolectado por jornada (kg)

$T_n$ : Tiempo neto de cosecha (manual o equipo) (h)

$n_o$ : Número de operarios

Para cada jornada se obtuvieron los promedios, los valores máximo y mínimo, coeficientes de variación y se estimaron los intervalos de confianza al 95%.

**Costo de recolección.** Se determinó el costo unitario de cosecha (\$·kg<sup>-1</sup> de café cereza recolectado) con el equipo STIHL SP-81, teniendo en cuenta los costos fijos y los costos variables según Srivastava *et al.* (10), el costo del café verde recolectado y el costo del repase manual. En los costos fijos se consideró la depreciación lineal, el valor de salvamento, los seguros y el costo de las mallas. En los variables se incluyeron los costos por combustible, mantenimiento y mano de obra, este último representado por el costo del jornal (\$) establecido por el propietario de la finca al inicio de la



1. Instalación de mallas sarán en las calles del cafetal.



2. Sellado de las mallas con velcro en la base de los árboles.



3. Desprendimiento de frutos maduros con el equipo.



4. Repase manual a los árboles (solamente para la fase I).



5. Evacuación de las mallas sarán de las calles del cafetal.



6. Acopio del café cereza en las mallas sarán, al inicio de las calles del cafetal.



7. Limpieza y extracción de hojas del café cosechado.



8. Empaque del café cereza en costales.

**Figura 4.** Actividades en la cosecha de café con el equipo STIHL SP-81.

evaluación, \$15.000 para la fase I y \$14.500 para la fase II. Finalmente, para obtener el incremento o disminución del costo unitario se tomó como referencia el costo unitario en la cosecha manual ( $\$.kg^{-1}$ ), definido por el propietario en \$ 250/kg para la fase I y de \$ 200/kg para la fase II. Las expresiones empleadas para el cálculo del costo se detallan a continuación.

### Costo de adquirir y operar el equipo

(Ecuaciones <<4>> y <<5>>)

$$C_o = C_t \times T_n \quad \text{<<4>>}$$

Donde:

$C_o$ : Costo de adquirir y operar el equipo (\$)

$C_t$ : Costo total ( $\$.h^{-1}$ )

$T_n$ : Tiempo neto de cosecha (h)

$$C_t = C_f + C_v \quad \text{<<5>>}$$

Donde:

$C_t$ : Costo total (\$)

$C_f$ : Costo fijo( $\$/h$ )

$C_v$ : Costo variable ( $\$/h$ )

**Costo del café verde recolectado.** Se cuantificó la pérdida económica generada por desprender café verde durante la recolección con el equipo STIHL SP-81, tomando como referencia la utilidad neta de producción por hectárea del café a libre exposición, estimada a partir de los promedios de los costos de producción y los ingresos por la venta del café pergamino seco. El total del café verde cosechado fue proyectado a pergamino seco empleando un factor de conversión de 0,25, con este valor y la utilidad neta se estimó el valor que se dejó de recibir por cosechar el café verde, asumiéndolo como un costo de emplear el equipo (Ecuación <<6>>).

$$C_{vr} = [(I - E) \times (Q_{vr} \times 0,25)] \quad \text{<<6>>}$$

Donde:

$C_{vr}$ : Costo del café verde recolectado (\$)

$I$ : Ingresos proyectados por la venta de café pergamino seco ( $\$.kg^{-1}$  de c.p.s.)

$E$ : Egresos proyectados por el costo promedio de producción Cuce)

$Q_{vr}$ : Cantidad de café verde recolectado (kg de c.p.s.)

### Costo del café repasado

(Ecuación <<7>>)

$$C_{cr} = \frac{C_j \times T_{rm}}{J_l} \quad \text{<<7>>}$$

Donde:

$C_{cr}$ : Costo del café repasado (\$)

$C_j$ : Costo del jornal (\$)

$T_{rm}$ : Tiempo del repase manual (h)

$J_l$ : Jornada laboral

### Promedio del costo unitario de cosecha con el equipo STIHL SP-81 ( $\$.kg^{-1}$ ).

(Ecuación <<8>>)

$$C_{uce} = \left[ \frac{C_o + C_{vr} + C_{cr}}{(Q_{vr} + Q_{cr})} \right] \quad \text{<<8>>}$$

Donde:

$C_{uce}$ : Costo unitario de la cosecha con el equipo ( $\$.kg^{-1}$  de c.p.s.)

$C_o$ : Costo de adquirir y operar el equipo (\$)

$C_{vr}$ : Costo del café verde recolectado (\$)

$C_{cr}$ : Costo del café repasado (\$)

$Q_{vr}$ : Cantidad de café verde recolectado (kg de c.p.s.)

$Q_{cr}$ : Cantidad de café repasado (kg de c.p.s.)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fase I. Finca el Edén (Líbano, Tolima)

**Caracterización del lote.** En los 81 árboles tomados para caracterizar el patrón de concentración (PC) se encontraron 1.058 ramas, en las cuales fue posible identificar los

cuatro patrones de concentración establecidos por Isaza *et al.*(6). Las frecuencias para cada uno se presentan en la Tabla 4.

Se encontró que el PC de frutos maduros en 2/3S fue el más escaso, solo se observó en 52 ramas equivalentes al 4,9% del total evaluadas. El PC más común fue el correspondiente a una concentración en 1/3 de la rama con el 52,6% de los casos, y predominó en el 100% de los árboles evaluados (Tabla 5), por lo tanto se consideró como el PC dominante en el lote.

Los promedios de maduración (%) y carga de frutos maduros (g/árbol) en el lote cosechado con el equipo STIHL SP-81 se presentan en la Tabla 6.

Los resultados muestran que los promedios de la carga y la maduración fueron bajos (Figura 5); sin embargo, se consideraron importantes para evaluar el desempeño de la tecnología en condiciones de carga y maduración similares a las presentadas en época de mitaca o traviesa, en varias zonas cafeteras del país.

**Tabla 4.** Frecuencia del patrón de concentración (PC) de los frutos maduros en las ramas.

PC*	Frecuencia ramas	%	Frecuencia acumulada	% acumulado
1/3	557	52,6	557	52,6
2/3C	256	24,2	813	76,8
2/3S	52	4,9	865	81,7
3/3	193	18,3	1.058	100
<b>Total</b>	<b>1.058</b>	<b>100</b>		

\* PC de 1/3 : Maduración concentrada en un tercio de la rama; 2/3C: Maduración concentrada en dos tercios contiguos de la rama; 2/3S : Maduración concentrada en dos tercios separados de la rama; 3/3 : Maduración concentrada en tres tercios de la rama.

**Tabla 5.** Frecuencia de los patrones de concentración (PC) de los frutos maduros en los árboles.

PC	Frecuencia árboles	Porcentaje de los árboles encontrados
1/3	81	100
2/3C	48	59,3
2/3S	27	33,3
3/3	31	38,3

**Tabla 6.** Carga y concentración de la maduración.

Variable	Promedio	Intervalo (95%)		C.V. (%)
		L.I.	L.S.	
Maduración (%)	33,1	26,7	39,5	80,1
Carga (g/árbol)	320,3	221,9	418,6	127,9

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

### Tiempo en actividades de cosecha e información complementaria.

La actividad que mayor tiempo demandó fue el repase manual con 2,0 h/jornada (Tabla 7), debido a que con el equipo STIHL se cosechó aproximadamente entre un 40 y 50% de los frutos maduros. El desprendimiento de frutos con el equipo demandó el 43,4% del tiempo total, valor cercano al empleado para el repase. Entre tanto la instalación de mallas sarán fue la tercera actividad con mayor demanda de tiempo, pues además de extenderlas se debían unir con el velcro, encerrando los troncos de los árboles para minimizar las pérdidas por caída de frutos al suelo.

Durante la recolección con el equipo STIHL SP-81 se cosecharon en promedio por jornada 260 árboles, para un rendimiento de 58 árboles/h, con un tiempo neto por sitio de 1,04 min./árbol. El promedio del consumo de combustible (gasolina y aceite 2T en proporción 1:25) fue de 0,17 L.h<sup>-1</sup>. El daño a la plantación atribuido al uso del equipo se observó en el 2,9% de los árboles cosechados.

### Indicadores de recolección con el equipo STIHL SP-81

**Eficiencia.** Con el equipo STIHL SP-81 y un grupo de tres operarios se recolectaron en



Figura 5. Árbol típico empleado durante la evaluación.

promedio por jornada 105 kg de café maduro (Tabla 9), en un tiempo de trabajo de 4,53 h, que culminaron con el empaque del café. Lo anterior permitió alcanzar un promedio de rendimiento por operario de 7,7 kg.h<sup>-1</sup> de café cereza (cc). Con base en la información suministrada por la administración de la finca, en cuanto al rendimiento alcanzado por un grupo de 16 recolectores, en cosecha manual en el mismo lote, con un valor promedio de 6,44 kg.h<sup>-1</sup> por operario, fue posible establecer que la cosecha con el equipo

Tabla 7. Promedio del tiempo empleado en las actividades de cosecha para las cinco jornadas evaluadas.

Actividad	Promedio (h)	Intervalo (95%)		C.V. (%)
		L.I.	L.S.	
CM	1,0	0,8	1,3	20,1
CE	1,7	0,7	2,7	47,4
RE	2,0	0,8	3,1	46,9
QAC	0,5	0,3	0,6	23,9
LE	0,7	0,7	1,0	13,7
TNC	1,04	0,8	1,3	20,1

CM: Colocación de mallas; CE: Cosecha con el equipo; RE: Repase a los árboles; QAC: Recoger mallas y acopiar el café; LE: Limpieza y empaque; TNC: Tiempo neto de cosecha; L.I.: Límite inferior; L.S.: Límite superior

**Tabla 8.** Promedios de otras actividades realizadas para las cinco jornadas evaluadas.

Evaluación	Promedio	Intervalo (95%)		C.V.(%)
		L.I.	L.S.	
NAR	260	171	350	27,8
PARD	2,9	0	6,07	86,1
CUT	0,8	0,68	0,88	10,3

NAR: Número de árboles recolectados; PARD: Porcentaje de árboles con ramas dañadas (%); CUT: Combustible utilizado. (L); L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

**Tabla 9.** Promedios del café recolectado para las cinco jornadas de cosecha.

Jornada	Café recolectado promedio (kg)	Intervalo (95%)	
		L.I. (kg)	L.S. (kg)
1	102	-	-
2	118	-	-
3	134	-	-
4	70	-	-
5	99,5	-	-
<b>Promedio</b>	<b>104,7</b>	75,1	134,3
<b>C.V. (%)</b>	22,8	-	-

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

permitió un incremento en el rendimiento de 19,6%, valor atribuido en gran medida a las condiciones de baja carga y maduración presentes en el lote.

**Eficacia.** El promedio del número de frutos maduros dejados en el árbol posterior a la cosecha con el equipo y al repase manual fue de tres (Tabla 10), valor menor al máximo permitido para el manejo integrado de la broca (1). Igualmente, se destaca que en ninguna jornada el límite superior de los intervalos de confianza alcanzó valores de cinco, el máximo fue de 4,3.

**Pérdidas.** El promedio del número de frutos dejados en el suelo, por árbol, después de la cosecha fue de cuatro (Tabla 11), valor menor al máximo permitido para el manejo

integrado de la broca (máximo cinco) (1). De igual manera, el mayor valor para el límite superior en los intervalos de confianza (4,9) fue menor al recomendado.

**Calidad.** El promedio del porcentaje de frutos verdes en el café cosechado asociado al indicador calidad fue de 11,5% (Tabla 12), valor mayor al esperado con esta tecnología (< 10%). Este resultado, en parte es atribuible a las condiciones de baja carga y concentración de frutos maduros presentes en el lote al momento de realizar la evaluación. No fue posible cumplir con las recomendaciones establecidas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para mantener la calidad de la bebida (máximo 2,5%) (8). Sin embargo, en la tercera jornada se logró

**Tabla 10.** Promedios de los frutos maduros sin recolectar por árbol, asociados al indicador eficacia de cosecha.

Jornada	Frutos maduros sin recolectar por árbol (promedio)	Intervalo (95%)	
		L.I.	L.S.
1	2,6	2,1	3,0
2	3,3	2,6	4,0
3	2,8	2,2	3,3
4	3,7	3,1	4,3
5	1,4	1,0	1,9
<b>Promedio</b>	<b>2,7</b>	-	-
<b>C.V. (%)</b>	<b>30,9</b>	-	-

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

**Tabla 11.** Promedios de los frutos dejados en la base de los árboles después de la cosecha, asociados al indicador pérdidas.

Jornada	Frutos en el suelo (promedio)	Intervalo (95%)	
		L.I.	L.S.
1	3,1	2,5	3,7
2	3,9	3,3	4,5
3	4,4	3,8	4,9
4	3,8	3,2	4,3
5	3,4	2,9	4,0
<b>Promedio</b>	<b>3,7</b>	-	-
<b>C.V. (%)</b>	<b>12,7</b>	-	-

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

cosechar con un valor cercano a lo esperado (10,4%), lo que hace pensar que para otras condiciones (mayor carga y concentración de maduración), se podría recolectar café con mejor calidad. Para alcanzar valores similares a los recomendados (máximo 2,5%), se debería complementar el uso de este equipo de cosecha con un sistema de selección de frutos por estado de madurez en el proceso de beneficio del café.

**Costo unitario (CU) de recolección con el equipo STIHL SP-81.** Al tomar como referencia el costo en cosecha manual en la finca (\$ 250/kg), en ninguna de las cinco jornadas de trabajo hubo disminución en el CU de recolección con el equipo (Tabla 13). El menor valor (\$ 298,4/kg), se logró en la primera jornada bajo condiciones climáticas y sectores del lote con condiciones favorables de carga (igual o mayor a

**Tabla 12.** Porcentajes de frutos verdes en el café cosechado, asociado al indicador calidad de la cosecha .

Jornada	Frutos verdes (%)
1	12,7
2	11,9
3	10,4
4	11,4
5	11,1
<b>Promedio</b>	<b>11,5</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>7,5</b>

**Tabla 13.** Promedios del costo unitario de recolección con el equipo STIHL SP-81.

Jornada	CU (\$·kg <sup>-1</sup> )
1	298,4
2	337,2
3	307,1
4	401,1
5	353,4
<b>Promedio</b>	<b>339,4</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>12,1</b>

400 g/árbol) y porcentaje de maduración igual o mayor al 40%. El costo unitario más alto se presentó en la cuarta y quinta jornadas, donde las condiciones adversas del clima, baja maduración, carga y algunas fallas en el filtro del motor perjudicaron el curso normal de la labor. El promedio del costo unitario para la evaluación fue de \$ 339,4/kg, incrementándose en 36% aproximadamente, respecto a la cosecha manual.

## Fase II. Subestación Experimental El Tambo (Cauca)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la Fase I y la experiencia adquirida, se evaluó el equipo en el municipio de El Tambo (Cauca), región que presenta la cosecha principal con alta concentración de la maduración para el primer semestre del año y en el cual se recolecta aproximadamente el 85% del total de frutos maduros que se producen en el año. Los promedios de la maduración y carga de frutos maduros en el lote cosechado con el equipo STIHL SP-81 se presentan en la Tabla 14.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 14, el lote presentaba condiciones adecuadas para la cosecha con el equipo STIHL SP-81. Igualmente, la presencia de ramas con alto número de nudos con frutos maduros, amplias distancias de siembra, pendiente moderada y altura adecuada entre las ramas bajas y el suelo facilitaron el manejo del equipo y la instalación de las mallas sarán.

**Información complementaria.** En esta ocasión se pudo apreciar que la actividad que demandó mayor tiempo fue la instalación y evacuación de las mallas sarán, con aproximadamente un 40% del tiempo total. En los árboles quedó aproximadamente el 40% del café sin desprender con el equipo STIHL SP-81, este café se recolectó como un pase normal de cosecha a la semana siguiente de la evaluación, para observar el impacto que genera directamente el uso neto de la tecnología sin la labor de repase.

El tiempo neto de cosecha con el equipo fue de aproximadamente 3,3 h por jornada y

**Tabla 14.** Caracterización de la maduración y carga en 13 árboles evaluados.

Variable	Promedio	Intervalo (95%)		C.V. (%)
		L.I.	L.S.	
*Maduración (%)	60	-	-	-
Carga (g)	916	617	1215	54

Nota: El porcentaje de maduración se determinó mediante inspección visual.  
L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

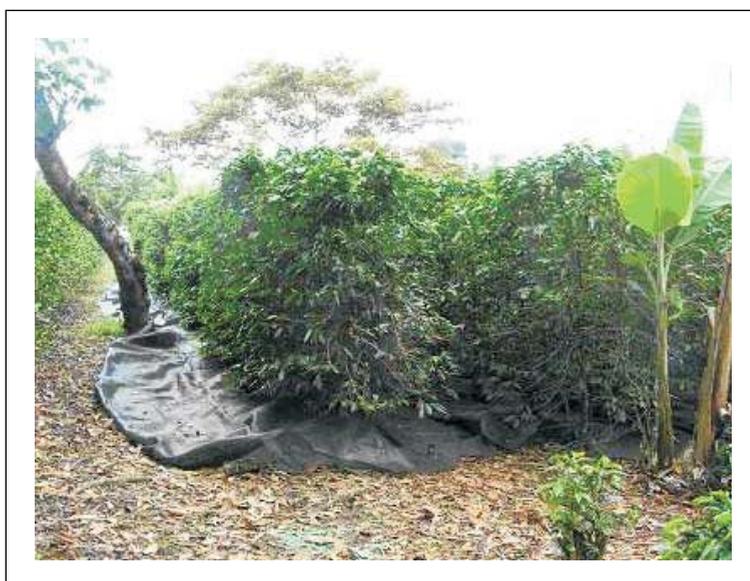
de 2 h para la jornada de cosecha manual. En total, se recolectaron 266 kg de café cereza con el equipo por jornada, en promedio, y en cosecha manual con cuatro operarios se recolectaron 161,4 kg de cc.

#### Indicadores de recolección con el equipo STIHL SP-81

**Eficiencia.** Con el equipo STIHL SP-81 y dos operarios se obtuvo un rendimiento de recolección de 40,7 kg.h<sup>-1</sup> de cc por operario por jornada, en promedio, y en cosecha manual de 20,1 kg.h<sup>-1</sup> de cc por operario, por consiguiente fue posible establecer que la

cosecha con el equipo permitió un incremento en el rendimiento de 102,5% respecto a la cosecha manual, valor atribuido en gran medida a las buenas condiciones topográficas del lote y del cultivo, principalmente carga y maduración.

**Eficacia.** El promedio de frutos maduros dejados en el árbol, posterior a la cosecha con el equipo y sin repase, fue de 15 (Tabla 15), valor mayor al establecido para un manejo integrado de la broca MIB (máximo cinco) (1). Debido a la distribución uniforme y sectorizada de los frutos maduros en el árbol los anteriores resultados se consiguieron



**Figura 6.**  
Vista general del lote evaluado con las mallas de sarán instaladas en las calles del cafetal.

sin repase, valores que indican que con el equipo STIHL SP-81 se logró alta eficacia de recolección, a pesar de no cumplir con las recomendaciones para un buen MIB.

**Pérdidas.** Se determinaron las pérdidas de café por caída de frutos al suelo por sitio, tomando diez muestras por jornada (Tabla 16), con un valor promedio de 7 frutos/sitio para las tres jornadas de recolección con el equipo; este valor es atribuible a fallas en el manejo de las mallas, especialmente en su unión con el velcro en la base del tallo, que se dificulta cuando las plantas (zocas) presentan dos y hasta tres ejes, este valor es

mayor al máximo recomendado por Bustillo (1) para el MIB.

**Calidad.** La calidad del café recolectado se evaluó en tres muestras compuestas, extraídas al final de cada jornada (Tabla 17). Se observó que el porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada varió entre 14,1 y 17,6%. Para obtener café de alta calidad es necesario retirar los frutos verdes en el proceso de beneficio hasta obtener un producto con valores menores al 2,5% (8). A medida que los operarios adquieren experiencia en el manejo de los equipos y con el empleo del método para la determinación rápida

**Tabla 15.** Promedios de los frutos maduros dejados en el árbol, asociados al indicador eficacia de cosecha.

Jornada	Frutos en el árbol (promedio)	Intervalo (95%)	
		L.I.	L.S.
1	17,3	12,4	22,2
2	14,5	8,9	20,1
3	13,9	9,6	18,2
<b>Promedio</b>	<b>15,2</b>	-	-
<b>C.V. (%)</b>	<b>45,3</b>	-	-

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

**Tabla 16.** Promedios del número de frutos dejados en la base de los árboles después la cosecha, asociados al indicador pérdidas.

Jornada	Frutos en el suelo (promedio)	Intervalo (95%)	
		L.I.	L.S.
1	6,4	3,8	9
2	7,2	4,4	10
3	6,3	3,2	9,4
<b>Promedio</b>	<b>6,6</b>		
<b>C.V. (%)</b>	<b>60,6</b>		

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

**Tabla 17.** Promedios de los frutos verdes en el café cosechado (%), asociados al indicador calidad.

Jornada	Frutos verdes (promedio)	Intervalo (95%)	
		L.I.	L.S.
1	17,6	11,6	23,6
2	15,7	10,8	20,5
3	14,1	7,2	21
<b>Promedio</b>	<b>15,8</b>	-	-
<b>C.V. (%)</b>	<b>15,3</b>	-	-

L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite superior.

del porcentaje de café inmaduro durante la cosecha (control en línea) desarrollado por Moreno y Oliveros (7), se logra mejorar su desempeño en la cosecha selectiva del café, especialmente una disminución en la cantidad de frutos verdes cosechados, como se evidenció al final de la tercera jornada cuando se cosechó con 14% de frutos verdes.

**Costo unitario (CU) de recolección con el equipo STIHL SP-81.** Los costos unitarios de recolección con el equipo para cada jornada fueron de \$ 100,2; \$ 96,8 y \$ 154,6 por kg de café cereza recolectado, con un promedio de \$ 117,2/kg cc, esto significó una reducción en el precio de recolección con el equipo de 41,4% en promedio, respecto a la cosecha manual, valor muy apropiado de acuerdo a las condiciones escogidas inicialmente.

Con la metodología utilizada en esta investigación fue posible establecer que el equipo STIHL SP- 81 es una herramienta útil para ser introducida en los pases de cosecha principal y así suplir los requerimientos de mano de obra en diferentes regiones cafeteras del país. Para lo anterior se deben tener presentes las siguientes recomendaciones:

- El muestreo realizado para determinar el patrón de concentración de los frutos

maduros en los árboles y en las ramas no es un parámetro que se pueda utilizar claramente para indicar alguna recomendación en la cosecha con el equipo, debido a que se sabe que la cosecha del café se desplaza hacia el tercio exterior de las ramas y hacia los dos tercios superiores del árbol, a medida que cumple con sus ciclos de producción.

- Identificar la carga y concentración de los frutos maduros en los árboles es indispensable para determinar los momentos adecuados para introducir el equipo STIHL SP-81 en el campo.

- Se debe plantear una alternativa diferente a la cosecha manual para recolectar el café que el equipo no logra desprender, ya sea por medio de formas de pago diferentes o haciendo uso de otros dispositivos para el repase, e incluso postergando su ejecución sin comprometer la calidad del café y el adecuado manejo de la broca.

- Con un adecuado manejo del equipo STIHL SP-81 es posible cosechar café sin generar daños mecánicos a los árboles, y con una sola jornada de entrenamiento es suficiente para que el equipo de trabajo desempeñe adecuadamente todas las actividades de recolección.

- El aumento en el costo unitario de recolección con el equipo se vio notablemente influenciado por el costo de la mano de obra. Para ello se deben establecer metodologías de cosecha que permitan conformar grupos de trabajo de tal manera que por cada equipo STIHL SP- 81 que se tenga en el campo, el número de operarios sea similar y que de manera coordinada todos cosechen y muevan las mallas.
- Se deben realizar más evaluaciones con el equipo en diferentes regiones cafeteras del país, en condiciones de carga y porcentajes de maduración mayores a las empleadas en esta investigación en asocio con los caficultores y el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros, bajo el esquema de Investigación Participativa (IPA).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Centro Nacional de Investigaciones de café Cenicafé, al personal de la Disciplina de Ingeniería Agrícola. A la empresa Durespo S.A cofinanciadora de la investigación y a su representante el Ing. Juan Carlos Restrepo M., Director de la Línea Agrícola para esta empresa. A la Subestación Líbano, a su jefe el Ing. Agrónomo Jorge Camilo Torres y a su asistente Mirian Cañón. Agradecimientos especiales al señor Ramón León (q.e.p.d) caficultor que facilitó y confió su finca para el desarrollo de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

1. BUSTILLO P., A.E. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 40 p. (Boletín Técnico No. 24).
2. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Anuario meteorológico cafetero 2005. Chinchiná, Cenicafé, 2007. 552 p.
3. CIRO V., H.J.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ M., F.; MONTOYA R., E.C.; Respuesta dinámica de la rama del café a la aplicación de vibraciones unidireccionales. Cenicafé 49 (2):151-161. 1998.
4. DUQUE O., H. Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera. 2. ed. Chinchiná, Cenicafé, 2004. 101 p.
5. DURESP0 S.A Medellín (Colombia). (On line) 2006. (<http://www.durespo.com.co>) (Consultado en diciembre de 2005).
6. ISAZA G., L.E.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación de la concentración de los frutos maduros de café empleando técnicas no selectivas de recolección manual. Cenicafé 57(4):274-287. 2006.
7. MORENO C., E.L.; OLIVEROS T., C.E. Método para la determinación rápida del porcentaje de café inmaduro durante la cosecha. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe Anual de Actividades, Octubre 2006 – Septiembre 2007. Chinchiná, Cenicafé, 2006. 1 p.
8. PUERTA Q., G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica del café. Cenicafé 51(2):136-150. 2000.
9. SILVA M.F. Colheita mecanizada e selectiva do café. Textos académicos Universidad Federal de Lavras - MG. Brasil. 2004.75 p.
10. SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E.; ROHRBACH, R.P. Engineering principles of agricultural machines. Michigan, American Society of Agricultural Engineers, 1993. 610 p.
11. VÉLEZ Z., J. C.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 91 p. (Boletín Técnico Cenicafé No. 21).
12. ZÁRATE R., C.; DUQUE O., H. Impacto socioeconómico de la cosecha mecánica o manual asistida de café. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 77 p.