

# ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON BASE EN LOS REGISTROS DE FLORACIÓN

José Raúl Rendón-Sáenz\*; Jaime Arcila-Pulgarín\*\*; Esther C. Montoya-Restrepo\*\*\*

## RESUMEN

**RENDÓN S., J. R.; ARCILA P., J.; MONTOYA R. E. C. Estimación de la producción de café con base en los registros de floración. *Cenicafé*, 59(3):238-259.2008**

Se evaluó una metodología para estimar la producción de café con base en las floraciones. Se registraron los eventos de floración en dos períodos correspondientes a las cosechas del primer y segundo semestre, en cuatro lotes comerciales de café variedad Colombia. Para los registros por cada evento se aplicaron simultáneamente dos métodos de muestreo: por surcos y aleatorio. El registro de la floración en cada árbol seleccionado consistió en tomar la rama con el mayor número de botones en estado de preantesis, para hacer el conteo de éstos y del número de ramas con botones en este estado. También se evaluó el porcentaje de cuajamiento, el peso por cereza y se registró la producción observada en kilogramos de café cereza. Con la información se estimó el porcentaje de árboles con flores, total de flores, porcentaje de floración y la producción. En la estimación de la proporción de árboles con flores se presentaron errores absolutos por debajo del 5%; el promedio del error relativo para la estimación del número de flores fue del 13% para las floraciones correspondientes a la cosecha de mitaca y del 13,7% para la cosecha principal. Los errores para producción fueron  $\leq 20\%$ , en el 44,1% de los eventos según el método de muestreo por surcos, y en el 35,29% de los eventos según el método de muestreo aleatorio. El tamaño mínimo de muestra para estimar el número promedio de flores por árbol/lote es de 250 árboles, para un error relativo menor del 20%.

**Palabras clave:** Pronóstico cosecha café, floración, muestreo, error de estimación, tamaño de muestra.

## ABSTRACT

A method to estimate coffee production based on flowering dates was evaluated. The flowering events were registered in two periods corresponding to the first and second semester harvests in four commercial plots of Colombia variety coffee. To register each event two simultaneous sampling methods were used: furrow and random. The flowering registry in each selected coffee tree consisted of taking the branch with the greatest number of flower buds at the preanthesis stage in order to count them and the number of branches with buds in that stage. The fruit set percentage and the weight per cherry were assessed and the coffee cherry production in kilograms was registered. Using that information, the percentage of trees with flowers, total of flowers, flowering percentage and production were estimated. In the estimation of the proportion of flowering trees there were absolute errors under 5%; the relative error rate for the estimation of the number of flowers was 13% for the flowerings corresponding to the first flowering period and 13.7% for the main harvest. The errors for production were  $\leq 20\%$  for 44.1% of the events when the furrow sampling method was used and 35.3% of the events in the randomized sampling. The minimum sample size to estimate the mean number of flowers per tree/plot is 250 trees, which corresponds to a relative error of less than 20%.

**Keywords:** Coffee harvest forecast, flowering, sampling methods, estimation error, sample size.

\* Asistente de Investigación. Experimentación. Centro Nacional de Investigación de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\* Investigador Principal. Fitotecnia. Cenicafé.

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

La estimación de la producción en café y su distribución, como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, puede ser de utilidad en aspectos relacionados con la programación de labores administrativas en el cultivo, en la determinación del número de operarios necesarios para la recolección de la cosecha, en el cálculo de la capacidad y dimensión de la infraestructura para los procesos por los cuales atraviesa el grano hasta su comercialización, permite conocer la posible respuesta del cultivo a la tecnología aplicada, el caficultor puede pactar la negociación anticipada de los volúmenes de producción con sus compradores y calcular pérdidas en producción asociadas a factores imprevistos, entre otros.

Desde el enfoque nacional, en Colombia se han presentado importantes avances en el desarrollo de metodologías para prever la producción del grano. Los primeros acercamientos a la estimación de la producción de café se basaron en funciones de oferta que dependían del área cosechada y de los niveles históricos de producción, luego a estas funciones se le incluyeron variables como el rendimiento de las plantas por edades, los precios pagados al productor y los efectos de la tecnología aplicada (8). Actualmente la estimación de la producción de café está basada en una metodología de muestreo en cafetales, que involucra el conocimiento del área del cultivo y sus respectivas novedades, el muestreo se hace sobre frutos formados en los meses de febrero y julio para estimar la producción correspondiente al primer y segundo semestre del año, respectivamente (1, 6).

No obstante y a pesar de estos avances, no se dispone de un método objetivo que permita al caficultor estimar la producción en su finca.

Los conocimientos acerca del cultivo de café y su fenología han permitido identificar estructuras en la planta que pueden ser consideradas como componentes de rendimiento, a partir de éstos se han evaluado métodos para estimar la producción, los cuales muestran diferente grado de aproximación con relación a los valores de producción observados (1,5,9,10,13).

Aunque la floración del café es un proceso que se relaciona directamente con el rendimiento del cultivo y que puede ser útil para estimar la cantidad de café a producir en una cosecha determinada, no se conocen estudios que involucren la evaluación de las floraciones para estimar la producción de café, y tampoco formas de muestreo para tal fin.

Por las razones expuestas, en este trabajo se tuvo como objetivo evaluar una propuesta metodológica para estimar la producción de café a partir de los registros de floración, con el fin de brindar al caficultor una herramienta de utilidad en la toma de decisiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se realizó en la finca las Américas ubicada en el municipio de Palestina (Caldas), en la zona cafetera central de Colombia, con una altitud de 1.250 m, precipitación anual de 2.700 mm y una temperatura media de 22°C (datos tomados de la Estación climática Naranjal).

**Caracterización de los lotes.** Se seleccionaron cuatro lotes de café variedad Colombia de aproximadamente una hectárea cada uno; con edades comprendidas entre 1,5 y 2,5 años al inicio de las evaluaciones, árboles provenientes de zocas y densidades de siembra entre 8.888 y 10.000 plantas/ha (Tabla 1).

**Tabla 1.** Caracterización de los lotes evaluados

Lote	Variedad	Edad (años)	Luminosidad	Ecotopo	Distancia de siembra (m)	Total de árboles
Avenida	Colombia	1,5	Sol	206 A	1,0 x 1,0	9.000
Bella Vista	Colombia	2,5	Sol	206 A	0,75 x 1,50	9.666
Bella II	Colombia	2,5	Sol	206 A	1,0 x 1,0	10.607
Zapote	Colombia	1,5	Sol	206 A	1,0 x 1,0	9.573

**Procedimiento.** Se registraron las floraciones ocurridas en cada uno de los lotes de café seleccionados, durante dos períodos, comprendidos entre julio 1 y octubre 31 de 2005 (cosecha de marzo-junio de 2006) y noviembre 1 de 2005 a abril 30 de 2006 (cosecha de julio-diciembre de 2006).

Para la selección de la muestra en cada evaluación por cada lote, se aplicaron simultáneamente dos métodos de muestreo: por surcos con un tamaño de muestra de 380 árboles y aleatorio simple con un tamaño de muestra de 760 árboles, con el fin de determinar los errores de estimación a partir de la estructura de estimadores descrita para el método aleatorio simple.

La selección de los árboles a partir del muestreo por surcos se hizo con base en el número de surcos que componen cada lote. Dado que el número de surcos para cada uno de los lotes evaluados fue menor que 380, se seleccionaron al azar  $m$  árboles a evaluar por cada surco, donde  $m$  correspondió al número más cercano a la razón 380/número de surcos (Tabla 2).

La selección aleatoria de los árboles según el diseño de muestreo aleatorio se hizo por medio de Tablas de números aleatorios.

Para ambos diseños de muestreo, en cada árbol seleccionado y por cada evento de floración, se tomó la rama con el mayor número de botones florales en estado B4

(preantesis), según apreciación visual, y se hizo el conteo de ellos y el número de ramas que presentarían botones en este estado.

**Parámetros estimados.** Con la información obtenida en los dos métodos de muestreo, se estimaron los siguientes parámetros:

Proporción de árboles con flores

$$PAF = \left( \frac{NAF}{n} \right) * 100$$

Donde:

PAF= Proporción de árboles con flores

n= Tamaño de la muestra

NAF= Número de árboles con flores

Total de flores

$$NF = \frac{\sum_{i=1}^{380} b_i}{380} \quad NR = \frac{\sum_{i=1}^{380} r_i}{380} \quad TF_j = NF \times NR \times NP$$

Donde:

$b_i$  = número de botones en preantesis en la rama (i)

$r_i$  = número de ramas con botones en preantesis en el árbol (i)

380= árboles muestreados por lote

NF= promedio de botones florales en una evaluación

NR= promedio de ramas con botones florales en una evaluación

NP= número de plantas sembradas en el lote

TF<sub>j</sub> = total de flores en el lote en la evaluación (j)

**Tabla 2.** Número de árboles seleccionados por surco en los lotes evaluados.

Lote	Total de árboles	Número de surcos	Numero de árboles seleccionados por surco
Avenida	9.000	165	2
Bella Vista	9.666	165	2
Bella II	10.607	309	1
Zapote	9.573	227	2

Porcentaje de floración

$$PF_j = \frac{TF_j}{\sum_{j=1}^m TF_j} \times 100$$

Donde:

$PF_j$  = porcentaje de floración en la evaluación ( $j$ )

$TF_j$  = Total de flores en el lote en la evaluación ( $j$ )

$m$  = número de evaluaciones en cada período

Cantidad de café cereza a recolectar

$$CCT1 = \left( \sum_{j=1}^m TF_j \right) \times 0,50 \times 1,8$$

$$CCT2 = \left( \sum_{j=1}^m TF_j \right) \times 0,85 \times 1,8$$

Donde:

$CC_j$  = cantidad de café cereza a recolectar en gramos por pase

$CCT$  = total de café cereza a recolectar en una cosecha

$TF_j$  = total de flores en el lote en la evaluación ( $j$ )

$m$  = número de evaluaciones en cada período

0,50 y 0,85 = porcentajes de cuajamiento (intervalo construido con valores teóricos)

1,8 = peso de un fruto de café maduro

La estimación de la cantidad de café a producir, de acuerdo con los registros de

floración, para cada pase  $j$ , está entre  $CCI_j$  y  $CC2_j$ , con una probabilidad mínima del 75%, y un error de estimación sobre el número total de botones en estado B4, por debajo del 12%.

**Información adicional registrada**

Porcentaje de cuajamiento. Para evaluar el porcentaje de cuajamiento en cada uno de los lotes, se seleccionaron aleatoriamente 100 árboles, en cada uno de ellos se marcó una rama para registrar los botones florales en los períodos de floración correspondientes entre julio 1 de 2005 a abril 30 de 2006, y dos meses después de finalizados los registros de floración por cada período, se contaron los frutos verdes presentes en cada rama marcada. Una vez concluidos los registros de floración del período julio–octubre, se seleccionaron ramas diferentes para los registros de floración del período noviembre–abril. A partir del total de flores registradas y el total de frutos verdes en las ramas marcadas se obtuvo el porcentaje de cuajamiento por lote.

Peso por cereza. De la masa de café cereza cosechada durante la semana pico de recolección y por cada lote, se tomó una muestra de 500 g, y se registró el peso de cada una de las cerezas para obtener el peso promedio por cereza durante la cosecha de mitaca y la cosecha principal del 2006.

Registros de producción. Con el fin de obtener los datos de producción de cada uno de los lotes evaluados (parámetro), se registró la cantidad de café cereza recolectada por pase durante los periodos correspondientes a la cosecha de mitaca (enero - junio) y la cosecha principal (julio – diciembre) del 2006.

**Evaluación de la metodología.** La metodología se evaluó de acuerdo a los errores de estimación, para el número de flores, para la proporción de árboles con flores y para la producción.

Errores para la proporción de árboles con flores. Los errores absolutos para la proporción de árboles con flores, como la diferencia entre el parámetro y la estimación, fueron obtenidos de acuerdo con la estructura de la varianza asociada al parámetro proporción de árboles con flores según el método de muestreo aleatorio.

Errores de estimación para el número de flores. Los errores relativos para el número de flores, como el cociente entre el error absoluto y la estimación, fueron obtenidos de acuerdo con la estructura de la varianza asociada al parámetro promedio para el número de flores según el método de muestreo aleatorio.

Errores para la producción. A partir de los registros de producción obtenidos de la cosecha de mitaca y la cosecha principal del 2006, se determinó la diferencia entre el parámetro y la estimación, como la medida del error de estimación, con respecto a la producción.

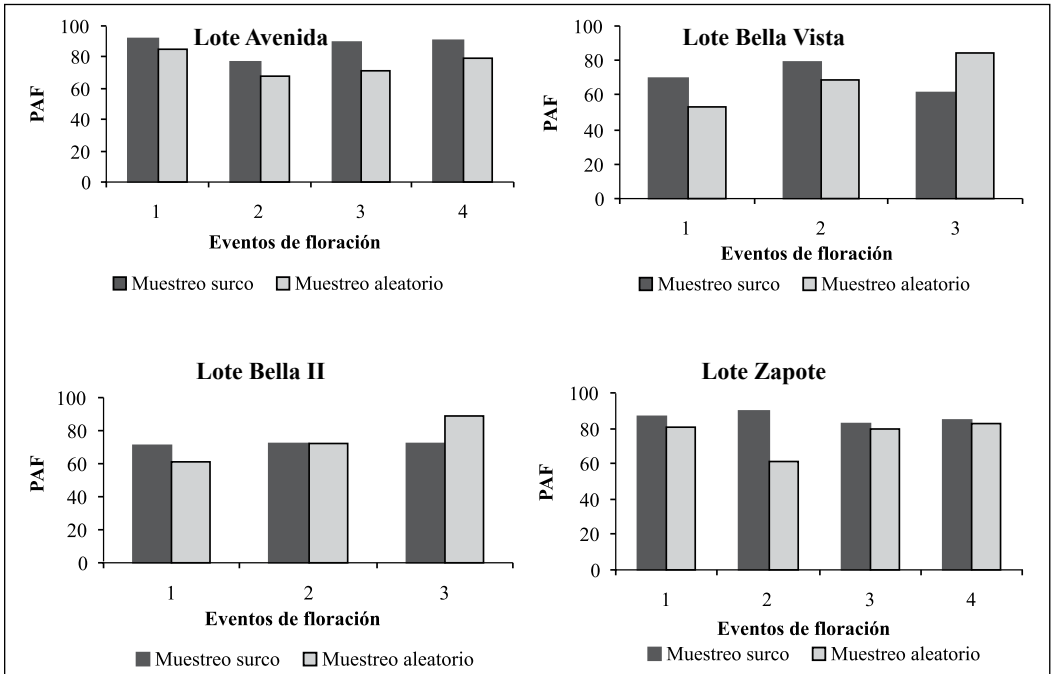
**Tamaño óptimo de la muestra.** El tamaño óptimo de muestra (número de árboles) para estimar el porcentaje de floración y el número de flores en cada evento, se determinó de acuerdo con los errores de estimación para el número de flores por árbol y con la varianza

asociada a la proporción de árboles con flores. Para ello, con toda la información observada se hicieron selecciones aleatorias, variando el número de árboles (muestra) desde 10 hasta 1.100, luego para cada muestra se estimó el error relativo asociado al promedio de flores por árbol y la varianza asociada al porcentaje de árboles con flores.

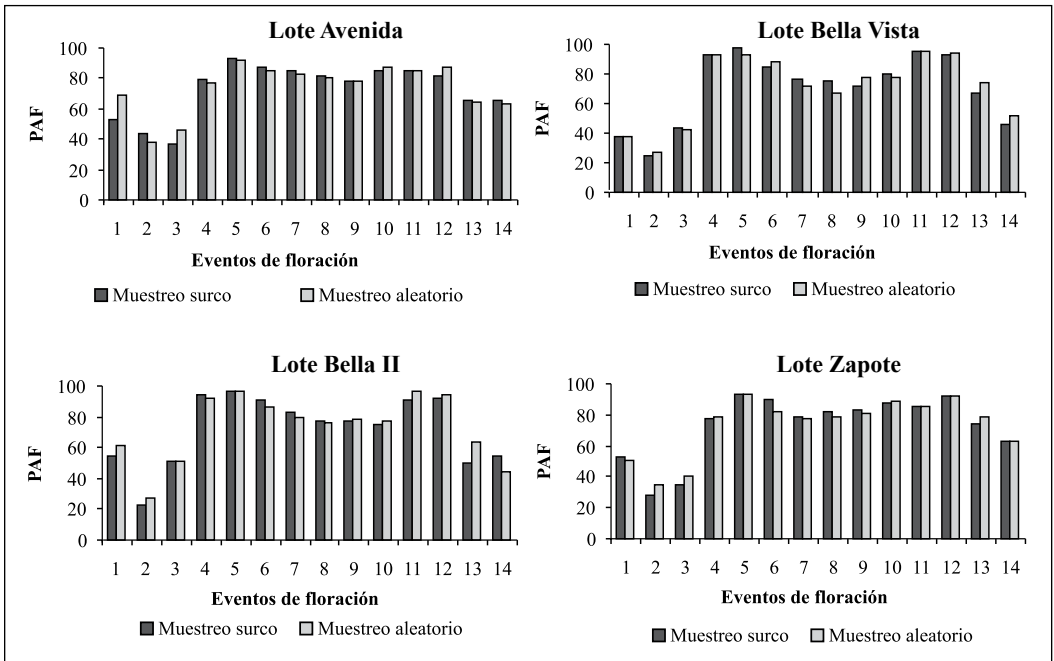
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El municipio de Palestina Caldas, localidad donde se llevaron a cabo los registros de floración para evaluar esta metodología, está ubicado en un rango latitudinal comprendido entre 5 y 8° latitud Norte. En esta región se presentan dos periodos de floración, uno de mayor concentración y magnitud de las floraciones en los meses de noviembre-abril, las cuales representan la cosecha del segundo semestre del año, del 1 de julio al 31 de diciembre (cosecha principal), con un 75-85% de la producción anual, y un periodo de floraciones más escasas y de menor magnitud comprendido entre mayo y octubre, las cuales representan la cosecha del primer semestre del año, del 1 de enero al 30 de junio (mitaca), con un 15-25% de la producción anual (3, 12).

**Estimación de la proporción de árboles con flores.** De acuerdo con las floraciones registradas en los dos periodos evaluados, se obtuvieron 18 eventos de floración en los lotes Avenida y Zapote, de los cuales cuatro corresponden con la cosecha de mitaca y 14 con la cosecha principal del 2006; y 17 eventos de floración en los lotes Bella Vista y Bella II, de los cuales tres corresponden con la cosecha de mitaca y 14 con la cosecha principal del 2006. El registro de un evento de floración adicional en los lotes Avenida y Zapote corresponde a la primera evaluación que sólo se hizo para estos lotes.



**Figura 1.** Proporción de árboles con flores por lote (PAF), en cada evento de floración para la cosecha de mitaca, según los métodos de muestreo por surcos y aleatorio.



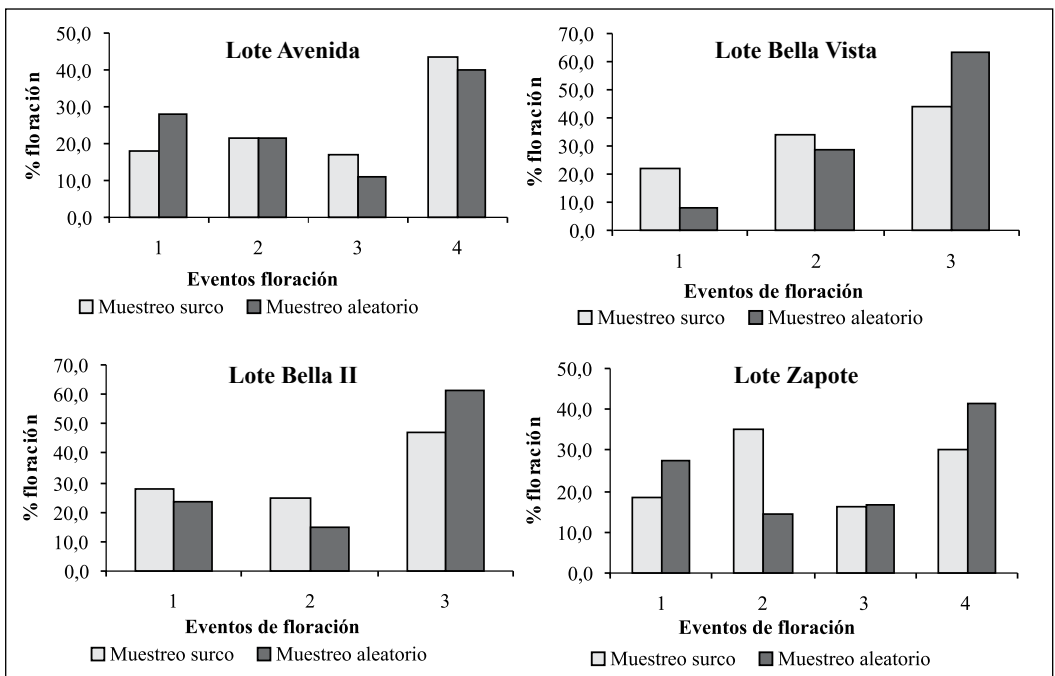
**Figura 2.** Proporción de árboles con flores por lote (PAF), en cada evento de floración para la cosecha principal, según los métodos de muestreo por surcos y aleatorio.

Como se observa en las Figuras 1 y 2, en plantaciones de café la proporción de árboles florecidos en un evento determinado puede ser variable; se pueden identificar eventos de floración con proporciones de árboles florecidos por encima del 90%, y eventos de floración con proporciones de árboles florecidos por debajo del 30%, lo que implica que al registrar floraciones en un evento determinado no todos los árboles que componen el lote pueden presentar flores, y entre eventos no siempre florecen los mismos árboles. Esta proporción puede variar para cada evento de floración, siendo un factor importante a considerar para la estimación de la producción con base en el registro de floraciones.

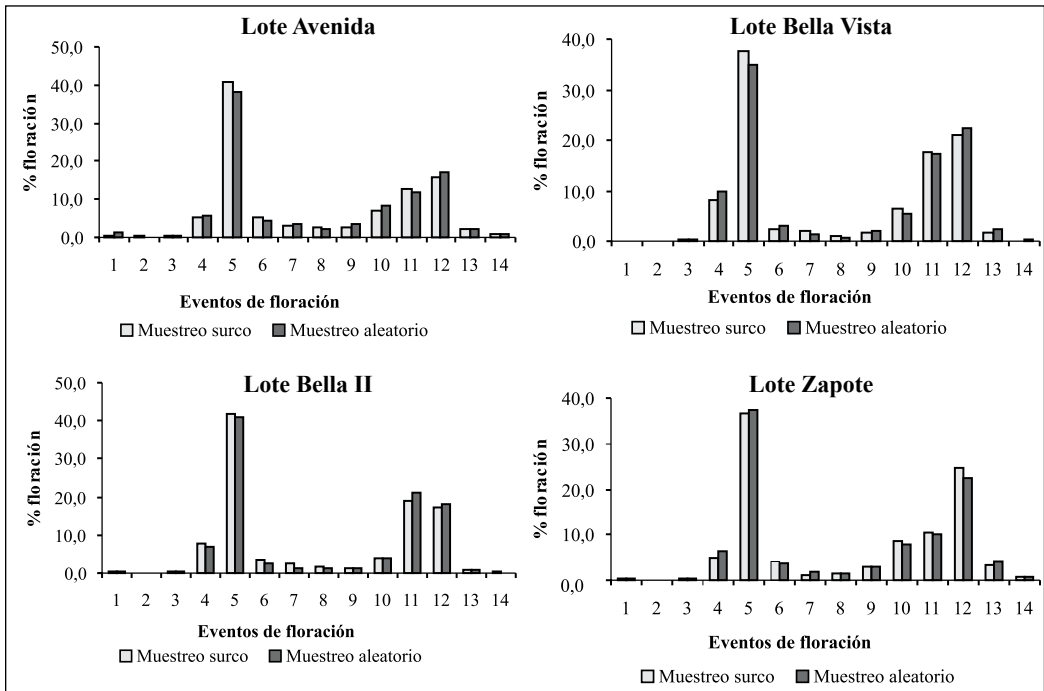
La proporción de árboles florecidos por cada evento de acuerdo con el método de muestreo por surcos, fluctuó entre 36,3 y 91,8% en el lote Avenida, entre 24,5 y 97,4%

en el lote Bella Vista, entre 23,2 y 97,1% en el lote Bella II y entre 28,2 y 93,7% en el lote Zapote; y de acuerdo con el método de muestreo aleatorio, fluctuó entre 38,4 y 92,0% en el lote Avenida, entre 27,5 y 93,6% en el lote Bella Vista, entre 26,89 y 96,7% en el lote Bella II y entre 34,9 y 93,6% en el lote Zapote.

**Estimación del porcentaje de floración.** Según las Figuras 3 y 4, el porcentaje de floración estimado a partir de los métodos de muestreo por surcos y aleatorio en el lote Avenida muestran en común, que descriptivamente la mayor concentración de floraciones para la mitaca se obtuvo en los eventos 2 y 4, y la menor en el evento 3, mientras que para la cosecha principal los mayores porcentajes de floración se obtuvieron en los eventos 5, 11 y 12 y los menores en los eventos 1, 2, 3, 13 y 14.



**Figura 3.** Porcentaje de floración estimado por evento para la cosecha de mitaca de 2006, según los métodos de muestreo por surcos y aleatorio.



**Figura 4.** Porcentaje de floración estimado por evento para la cosecha principal de 2006, según los métodos de muestreo por surcos y aleatorio.

En el lote Bella Vista la estimación del porcentaje de floración con los dos métodos, muestra en común, que descriptivamente los mayores porcentajes de floración para la cosecha de mitaca se obtuvieron en los eventos 2 y 3, y la menor en el evento 1; para la cosecha principal los mayores porcentajes de floración se obtuvieron en los eventos 5, 11 y 12 y los menores porcentajes en los eventos 1, 2, 3, 8 y 14.

En el lote Bella II la estimación del porcentaje de floración con los dos métodos muestran en común, que descriptivamente para la cosecha de mitaca el mayor porcentaje de floración se obtuvo en el evento 3, y para la cosecha principal los mayores porcentajes de floración se obtuvieron en los eventos 5, 11 y 12 y los menores porcentajes en los eventos 1, 2, 3, 13 y 14.

En el lote Zapote la estimación del porcentaje de floración con los dos métodos muestra en común, que descriptivamente para la cosecha de mitaca el mayor porcentaje de floración se obtuvo en el evento 4, y para la cosecha principal los mayores porcentajes de floración se obtuvieron en los eventos 5, 11 y 12 y los menores porcentajes en los eventos 1, 2, 3 y 14.

En general, se pudo observar que las floraciones en los cuatro lotes evaluados siguen un patrón de distribución similar, caracterizado por eventos de máxima floración en los meses de octubre de 2005, que corresponden con la cosecha de mitaca de 2006, y en enero y marzo de 2006 que corresponden a la cosecha principal del mismo año; de la misma forma los eventos que presentaron floración más escasa, se registraron en los meses de noviembre de 2005 y abril de 2006.



**Porcentaje de cuajamiento.** En el café no todas las flores que se forman se convierten en frutos. Diversos factores pueden influir sobre el desarrollo normal de la cosecha desde floración hasta madurez de los frutos de café y causar distintos niveles de pérdida sobre la producción esperada en el cultivo. Cilas y Descroix (5) describen el cuajamiento de frutos como la principal fuente de variación de la producción de café entre años sucesivos. Por esta razón para la estimación de la cosecha es importante considerar estas pérdidas, pues no todas las flores que se desarrollan en la planta pueden formar frutos, y no todos los frutos que se forman pueden llegar a ser cosechados.

El porcentaje de cuajamiento registrado presentó valores promedio que fluctuaron entre 60,8 y 68,28% para la cosecha de mitaca del 2006, y entre 81,67 y 83,69% para la cosecha principal del 2006 (Tabla 3).

Al momento de formular esta metodología no se tenían datos reales acerca de los niveles de cuajamiento que se pueden presentar en la

zona de estudio, por tal motivo el intervalo para el porcentaje de cuajamiento que se propuso inicialmente para la estimación de la cantidad de café cereza fue de 50 y 85%, lo cual implica un rango del 35%, mientras que el rango obtenido para la cosecha de mitaca de 2006 es del 3,88% y para la cosecha principal de 2006 es del 2,52%.

Los niveles de cuajamiento en café pueden variar en cada cosecha. Jaramillo y Valencia (4) reportan porcentajes de cuajamiento de 30 a 40%, por lo tanto el proceso de cuajamiento puede ser alterado por factores genéticos, ambientales, patológicos o nutricionales, que conducen a obtener diferencias en el número de frutos que cuajan a partir de un determinado número de flores; entre los daños más comunes en floraciones que alcanzan el desarrollo hasta preantesis se citan los daños causados por el hongo *Colletotrichum* sp. el cual afecta las flores haciendo que éstas permanezcan adheridas al glomérulo hasta que se necrosan totalmente (7). Si se consideran todos los factores que

**Tabla 3.** Promedios e intervalos de confianza para el porcentaje de cuajamiento registrado por lote en la cosecha de mitaca y la cosecha principal del 2006.

Cosecha	Lote	N° árboles	% de cuajamiento		
			Promedio	LI	LS
Mitaca	Avenida	85	64,88	60,64	69,11
	Bella II	86	68,28	64,14	72,42
	Bella Vista	93	64,26	60,66	67,87
	Zapote	85	60,80	57,15	64,44
	<b>Promedio</b>		<b>64,56</b>	<b>62,62</b>	<b>66,51</b>
Principal	Avenida	96	83,69	81,49	85,89
	Bella II	97	82,55	79,80	85,30
	Bella Vista	85	83,27	80,98	85,56
	Zapote	98	81,67	78,88	84,46
	<b>Promedio</b>		<b>82,78</b>	<b>81,52</b>	<b>84,04</b>

LI y LS: límites inferior y superior para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%.

pueden afectar los niveles de cuajamiento en café y dada la variabilidad en los valores para cada cosecha, es recomendable utilizar rangos amplios de cuajamiento para fines de la estimación de la producción, siendo un buen intervalo niveles de cuajamiento entre 50 y 85%.

**Peso por cereza.** El promedio del peso por cereza para la cosecha de mitaca mostró valores que fluctuaron entre 1,73 y 1,92 g, de estos valores el mayor promedio del peso se obtuvo en el lote Avenida y el menor en los lotes Bella Vista y Bella II, los cuales fueron estadísticamente iguales. Para la cosecha principal el peso por cereza fluctuó entre 1,57 y 1,73 g, siendo mayor el promedio del peso obtenido en el lote Avenida (Tabla 4).

En cuanto al peso por cereza que se tomó inicialmente para la estimación de la producción de café cereza con un valor de 1,8 g, se encontró que este valor está dentro del intervalo para el promedio registrado en la cosecha de mitaca entre 1,77 y 1,82 g, y excede el límite superior registrado para la cosecha principal en 0,15 g; no

obstante, en este estudio el peso promedio por cereza propuesto inicialmente (1,8 g) se utilizó para la estimación de la cantidad de café cereza.

Uno de los principales factores que puede incidir en el desarrollo normal de los frutos en café, y específicamente en el peso de las cerezas, es la disponibilidad hídrica. Para café se considera que el consumo de agua de la planta es de 125 mm/mes aproximadamente, si ocurre una deficiencia hídrica en el suelo entre las semanas seis y diez después de floración, los frutos pueden secarse y caer o no alcanzan un tamaño adecuado, y si esta deficiencia ocurre entre las semanas 13 y 17 después de la floración, hay llenado parcial del fruto o se forman granos negros (2).

**Producción observada.** De acuerdo con los registros de producción observada (parámetro), para la cosecha de mitaca del 2006 se tienen cinco eventos de recolección en los lotes Avenida y Zapote, y cuatro eventos de recolección en los lotes Bella Vista y Bella II, mientras que para la cosecha principal se tienen diez eventos de recolección en los lotes Avenida y Zapote y 11 eventos

**Tabla 4.** Promedios e intervalos de confianza para el peso por cereza registrado por lote, en la cosecha de mitaca y la cosecha principal del 2006.

Cosecha	Lote	Peso por cereza (g)		
		Promedio	LI	LS
Mitaca	Avenida	1,92 a	1,86	1,97
	Zapote	1,80 b	1,76	1,85
	Bella II	1,73 c	1,69	1,78
	Bella Vista	1,73 c	1,68	1,78
	<b>Promedio</b>	<b>1,79</b>	<b>1,77</b>	<b>1,82</b>
Principal	Avenida	1,73 a	1,68	1,78
	Zapote	1,61 b	1,57	1,65
	Bella II	1,62 b	1,58	1,66
	Bella Vista	1,57 b	1,52	1,61
	<b>Promedio</b>	<b>1,63</b>	<b>1,61</b>	<b>1,65</b>

Letras distintas indican diferencias entre promedios según prueba de Duncan al 5%

LI y LS: límites inferior y superior para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%.

de recolección en los lotes Bella Vista y Bella II (Figuras 5 y 6). La diferencia en el número de eventos o pases de recolección entre los lotes está dada por la logística de cosecha programada y la disponibilidad de recolectores, lo que ocasiona anticipación o retraso en la labor.

La producción registrada por evento de recolección muestra que, para el lote Avenida los mayores volúmenes de recolección se obtuvieron en los eventos uno y dos de la cosecha de mitaca y entre los eventos tres al siete de la cosecha principal; para los lotes Bella Vista y Bella II, los mayores volúmenes se obtuvieron en los eventos uno y dos de la cosecha de mitaca, y entre los eventos tres al ocho de la cosecha principal; y para el lote Zapote los mayores volúmenes

se obtuvieron en los eventos uno y dos de la cosecha de mitaca y entre los eventos dos al siete de la cosecha principal.

Igualmente, se observó que los menores volúmenes de café cereza recolectados por evento para la cosecha principal, se obtuvieron al comienzo y al final de la cosecha en todos los lotes.

Con relación a la producción total registrada por lote, ésta fluctuó entre 1.394 y 2.089 kg de café cereza para la cosecha de mitaca y entre 10.276 y 22.110 kg de café cereza para la cosecha principal, de tal manera que los mayores volúmenes de producción se registraron en los lotes Bella Vista y Bella II y los menores volúmenes de producción en los lotes Avenida y Zapote (Tabla 5).

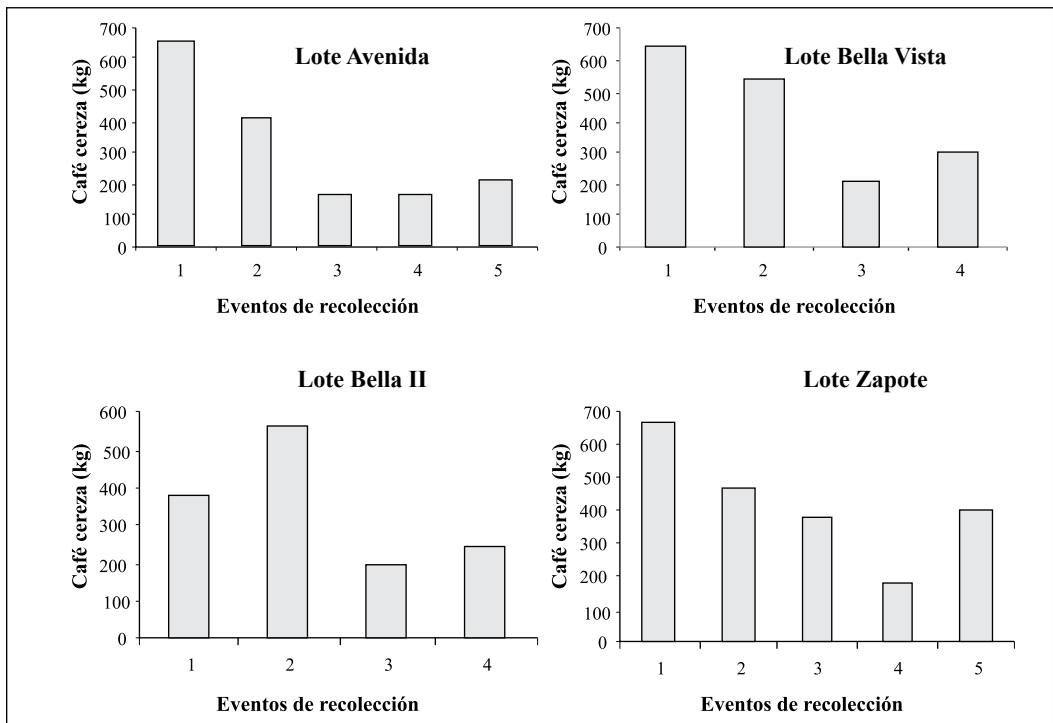


Figura 5. Producción de café cereza observada por lote en la cosecha de mitaca de 2006.

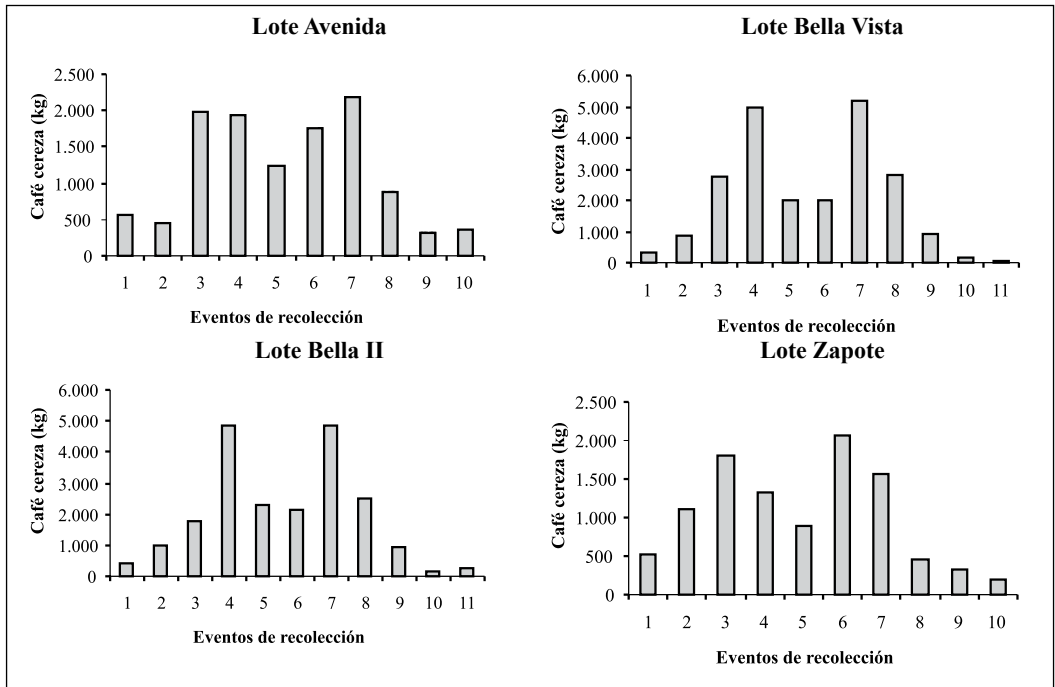


Figura 6. Producción de café cereza observada por lote en la cosecha principal de 2006.

Tabla 5. Producción total en kilogramos de café cereza observada por lote en la cosecha de mitaca y la cosecha principal de 2006.

Cosecha	Café cereza por lote (kg)			
	Avenida	Bella Vista	Bella II	Zapote
Mitaca	2.089	1.708	1.394	1.607
Principal	11.684	22.110	21.143	10.276

La diferencia en el volumen de producción de café cereza observado entre lotes, se puede explicar de acuerdo con la edad de éstos, por ejemplo, en el caso de los lotes Bella Vista y Bella II la edad al inicio de las evaluaciones fue de 2,5 años y para los lotes Avenida y Zapote de 1,5 años; el mayor desarrollo de los árboles en los dos primeros lotes se traduce en un mayor número de ramas productivas, permitiendo

alcanzar producciones muy superiores a las registradas en los lotes con menor edad.

Considerando que desde floración hasta madurez de las cerezas de café transcurren aproximadamente 32 semanas, la distribución de las floraciones por eventos en cada período evaluado, se puede relacionar con los eventos de recolección de cosecha correspondientes a cada semestre.

De forma teórica se esperaría que cada evento de floración represente un evento de recolección de cosecha; sin embargo, en la práctica puede ocurrir que dos o más eventos de floración se presenten a intervalos de una semana cada uno y que sean acumulados en un solo evento de recolección. Para las condiciones de nuestro país, generalmente cada evento de recolección de cosecha se realiza a intervalos de 15 a 20 días, lo cual implica que al registrar dos o tres eventos semanales de floración y relacionarlos con los eventos de recolección, éstos podrían representar un solo evento de recolección de cosecha. Otro factor que se debe considerar al momento de relacionar la distribución de las floraciones con la distribución de la cosecha es la toma de decisiones administrativas, ya que si no se posee la suficiente cantidad de operarios para cosechar los lotes, el proceso de recolección puede hacerse tardío o por el contrario puede ser anticipado si se posee la suficiente logística. De acuerdo con estas observaciones, en este estudio fue necesario agrupar eventos de floración y eventos de recolección de cosecha, para indicar la relación entre la distribución de floraciones y cosecha, respectivamente.

En la Tabla 6 se ilustran los eventos de floración que corresponden a los eventos de recolección observados (considerando que desde anthesis hasta madurez de las cerezas transcurren aproximadamente 32 semanas). Por ejemplo, en el lote Avenida la mayor proporción de floración para la cosecha de mitaca se obtuvo a partir de los eventos de floración ocurridos en octubre del 2005, con el 43,6%, dando lugar a los eventos de recolección de mayo a junio del 2006 con una proporción de cosecha del 45,7%. Para la cosecha principal las mayores proporciones de floración corresponden a los eventos ocurridos en enero del 2006 con el 45,8% y los de febrero a marzo de 2006 con el 44,1%, dando lugar a los eventos de recolección de agosto

a septiembre con una proporción de cosecha del 48,1%, y los eventos de recolección de octubre a noviembre con una proporción del 44,0%, respectivamente.

En el lote Bella Vista la mayor proporción de floración para la cosecha de mitaca se obtuvo a partir de los eventos de floración ocurridos entre septiembre y octubre del 2005 con el 78,1%, dando lugar a los eventos de recolección de mayo a junio del 2006 con una proporción de cosecha del 62,2%. Para la cosecha principal las mayores proporciones de floración corresponden a los eventos ocurridos de enero a febrero del 2006 con el 51% y los de marzo del 2006 con el 38,7%, dando lugar a los eventos de recolección de agosto a septiembre con una proporción de cosecha del 53% y los eventos de recolección de octubre con el 36,4%, respectivamente.

En el lote Bella II la mayor proporción de floración para la cosecha de mitaca se obtuvo a partir de los eventos de floración ocurridos entre septiembre y octubre del 2005 con el 72,1%, dando lugar a los eventos de recolección de mayo a junio del 2006 con el 72,5%. Para la cosecha principal las mayores proporciones de floración corresponden a los eventos ocurridos de enero a febrero del 2006 con el 54,6% y los de marzo de 2006 con el 35,9%, dando lugar a los eventos de recolección de agosto a septiembre con una proporción de cosecha del 52,2% y los eventos de recolección de octubre a noviembre con el 40,1%, respectivamente.

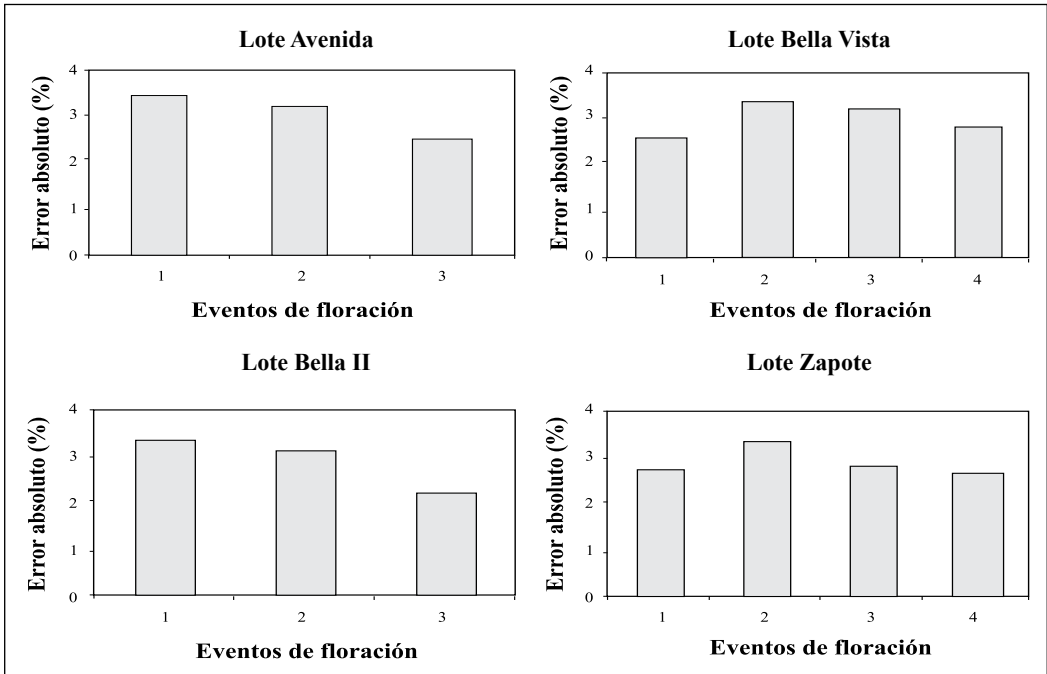
En el lote Zapote la mayor proporción de floración para la cosecha de mitaca se obtuvo a partir de los eventos de floración ocurridos entre julio y agosto del 2005 con el 53,4%, dando lugar a los eventos de recolección de marzo de 2006, con el 65,9%. Para la cosecha principal las mayores proporciones de floración corresponden a los eventos ocurridos de enero a febrero del 2006, con

**Tabla 6.** Porcentaje de producción observada de acuerdo con los porcentajes de floración agrupados por eventos.

Lote	Cosecha	Floración			Producción		
		Eventos	Fecha	% floración	% cosecha	Eventos	Fecha
Avenida	Mitaca	1, 2	Jul - Ago	39,5	31,9	1	Mar
		3	Sep	16,9	22,3	2	Abr
		4	Oct	43,6	45,7	3,4,5	May - Jun
	Principal	1,2,3,4	Nov - Dic	6,6	4,8	1	Jul
		5, 6	Ene	45,8	48,1	2,3,4,5	Ago - Sep
		7,8,9,10,11,12	Feb - Mar	44,1	44,0	6,7,8,9	Oct - Nov
		13, 14	Abr	3,1	3,1	10	Dic
Bella Vista	Mitaca	1	Ago	21,9	37,8	1	Abr
		2, 3	Sep - Oct	78,1	62,2	2,3,4	May - Jun
		1,2,3,4	Nov - Dic	8,4	5,4	1, 2	Jul
	Principal	5,6,7,8,9,10	Ene - Feb	51,0	53,0	3,4,5,6	Ago - Sep
		11, 12	Mar	38,7	36,4	7, 8	Oct
		13, 14	Abr	1,8	5,3	9,10,11	Nov - Dic
Bella II	Mitaca	1	Ago	27,9	27,5	1	Abr
		2, 3	Sep - Oct	72,1	72,5	2,3,4	May - Jun
		1,2,3,4	Nov - Dic	8,3	6,5	1, 2	Jul
	Principal	5,6,7,8,9,10	Ene - Feb	54,6	52,2	3,4,5,6	Ago - Sep
		11, 12	Mar	35,9	40,1	7,8,9,10	Oct - Nov
		13, 14	Abr	1,1	1,1	11	Dic
Zapote	Mitaca	1, 2	Jul - Ago	53,4	65,9	1, 2	Marzo
		3	Sep	16,4	10,5	3	Abril
		4	Oct	30,2	23,6	4,5	May - Jun
	Principal	1,2,3,4	Nov - Dic	5,6	5,2	1	Jul
		5,6,7,8,9,10	Ene - Feb	55,2	50,0	2,3,4,5	Ago - Sep
		11, 12	Mar	34,9	39,9	6,7,8	Oct - Nov
		13, 14	Abr	4,2	5,1	9, 10	Dic

el 55,2%, y los de marzo del 2006, con el 34,9%, dando lugar a los eventos de recolección de agosto a septiembre con una proporción de cosecha del 50% y los eventos de recolección de octubre a noviembre con el 39,9%, respectivamente.

**Errores de estimación.** Los errores de estimación se describen para la proporción de árboles con flores, para el número de flores y para la producción.



**Figura 7.** Error absoluto para la proporción de árboles con flores en la cosecha de mitaca, según método de muestreo aleatorio.

### Errores asociados a la estimación de la proporción de árboles con flores

De acuerdo con las Figuras 7 y 8 todas las estimaciones de la proporción de árboles con flores tanto en la cosecha de mitaca como en la cosecha principal, presentaron errores absolutos por debajo del 5%, con un mínimo de 1,25%, un máximo de 3,49%, y un promedio de 2,76%, estos resultados indican que la proporción estimada de árboles con flores según el método de muestreo aleatorio, representa un buen estimador del parámetro.

Errores asociados a la estimación del número de flores. Estos errores se obtuvieron con la varianza asociada al estimador número total de flores en cada evento de floración, según el método de muestreo aleatorio.

Los errores ilustrados en las Figuras 9 y 10 muestran que, en los lotes Avenida, Bella Vista y Zapote, el error relativo entre eventos de floración en la cosecha de mitaca estuvo entre el 9 y el 16% y para el lote Bella II estuvo entre el 12,4 y el 17,3%. Para la cosecha principal en los tres primeros eventos de floración en todos los lotes, el error relativo fluctuó entre 17,2 y 26,3%, mientras que para los otros eventos de floración en todos los lotes, excepto el último evento de los lotes Bella II y Zapote, los errores relativos estuvieron entre el 7,6 y el 16,4%. En función de estos resultados, se puede esperar que una buena estimación para el número de flores presente errores relativos inferiores al 20%.

En cuanto a los eventos de floración correspondientes a la cosecha de mitaca, el

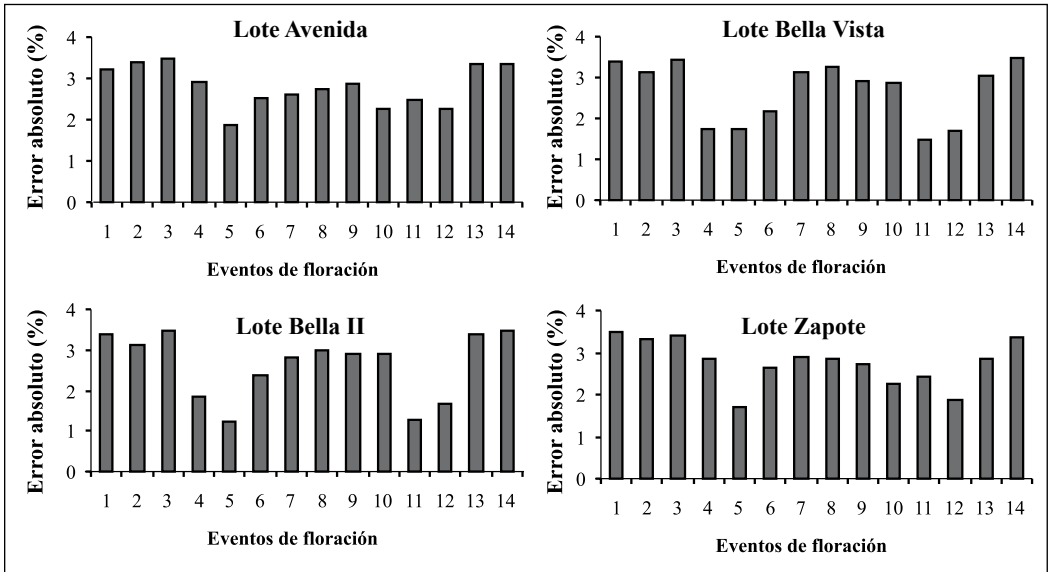


Figura 8. Error absoluto para la proporción de árboles con flores en la cosecha principal, según método de muestreo aleatorio.

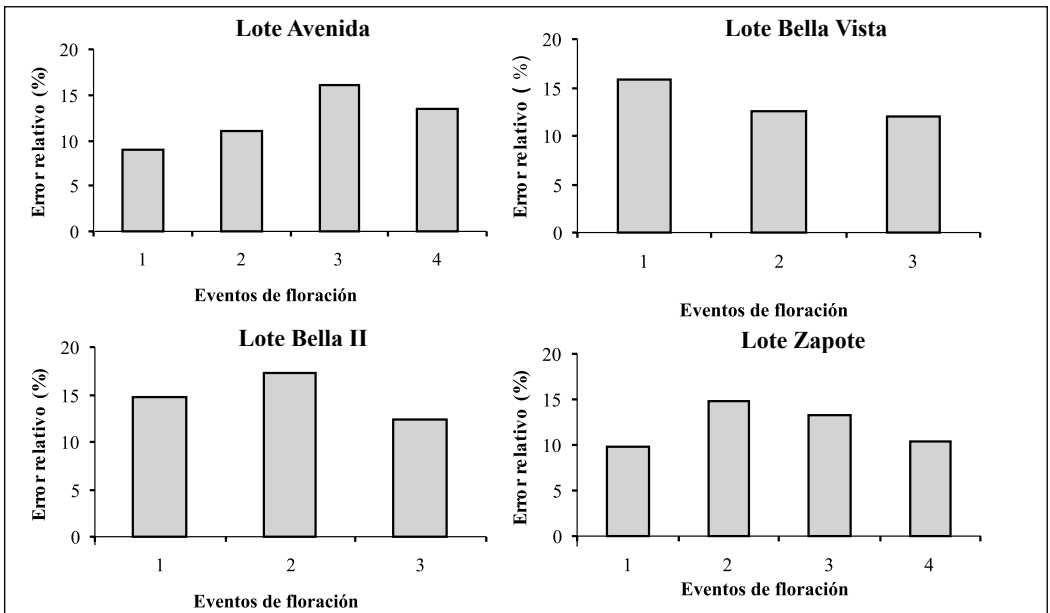


Figura 9. Error relativo para la estimación del total de flores por evento, en la cosecha de mitaca, según método de muestreo aleatorio.



error relativo mínimo observado fue del 9% para un promedio del 13,0% y un máximo observado del 17,3%, y para la cosecha principal el error relativo mínimo observado fue del 7,6% para un promedio del 13,7% y un máximo observado del 26,3%.

Errores asociados a la producción. En términos de producción, los errores de estimación se obtuvieron con respecto al parámetro, es decir, la producción observada.

De acuerdo con lo ilustrado en las Tablas 7 y 8, los errores relativos para la producción estimada fueron menores o iguales al 20% en el 44,1% de los eventos, según el método de muestreo por surcos, y en el 35,29% de los eventos según el método de muestreo aleatorio, estos resultados obtenidos son de interés para la evaluación de esta metodología, ya que muestran un acercamiento importante entre los valores estimados con los dos métodos de muestreo y los valores observados en cada cosecha.

Con respecto al parámetro (producción observada) se encontró que éste cae dentro del rango para la estimación mínima y máxima en el 29,41% de los eventos, según el método de muestreo por surcos, y en el 23,52% de los eventos según el método de muestreo aleatorio. Esto significa que para fines de la estimación de la producción en café, la metodología no ofrece aún la suficiente precisión para proponerla a los caficultores. Se requiere de ensayos posteriores que permitan analizar otros factores como pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades, las cuales influyen en el número de flores que se forman y el número de frutos que finalmente llegan a madurez y que son cosechados, y mejorar el método de muestreo por surcos, con el fin de obtener una mayor aproximación.

**Tamaño óptimo de muestra.** En términos de muestreo, el tamaño óptimo de muestra

representa el número de observaciones necesarias para estimar un parámetro con un límite de error para la estimación establecida (11).

En este estudio se partió de un tamaño inicial de 380 árboles para cuantificar las floraciones con el método de muestreo por surcos, y de 760 árboles con el método de muestreo aleatorio. Para determinar el tamaño óptimo, con toda la información observada se hicieron selecciones aleatorias, variando el número de árboles (muestra) desde 10 hasta 1.100, luego para cada muestra se estimó el error relativo asociado al promedio de flores por árbol y la varianza asociada al porcentaje de árboles con flores.

Según lo ilustrado en la Figura 11, el tamaño mínimo para estimar el promedio del número de flores por árbol por lote, en cada evento de floración, es de 250 árboles, con lo cual se obtiene un error relativo menor del 20%, lo que significa que si se toma un tamaño de muestra inferior a éste, el error relativo para la estimación sería mayor, y si se tomará un mayor número de árboles, esto implicaría un muestreo costoso para una mínima reducción del error.

Con este tamaño de muestra se garantiza una estimación de la varianza para la proporción de árboles con flores entre 0,18 y 0,20 (Figura 12).

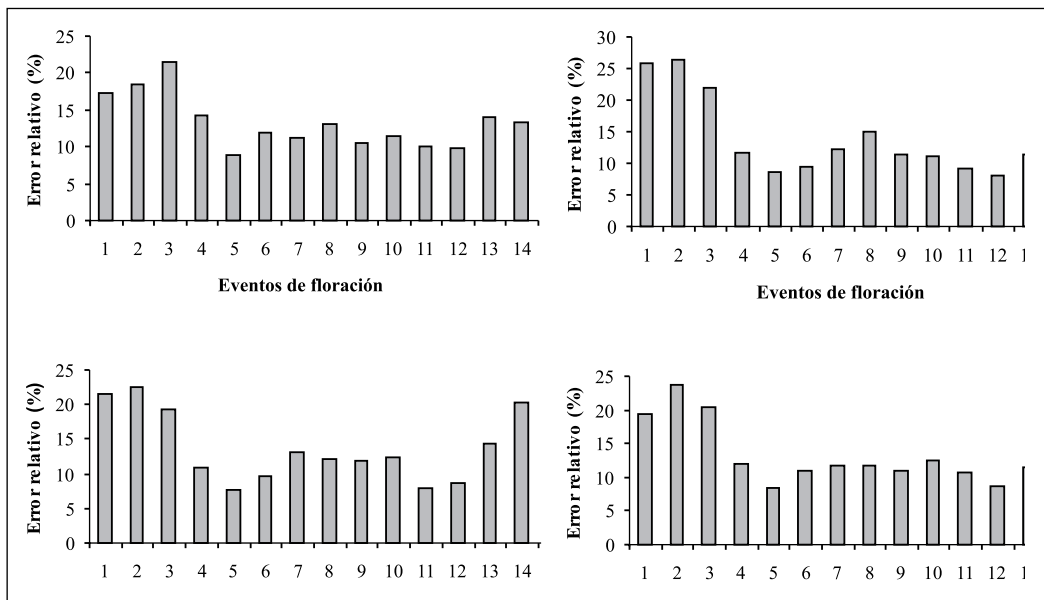
El tamaño óptimo para la muestra que se obtuvo, comparado con el tamaño de muestra a partir del cual se evaluaron los dos métodos de muestreo, representa un menor número de árboles a muestrear, que se traduce en una mayor economía y mayor practicidad para el muestreo. Este aporte es de gran utilidad para evaluaciones posteriores de la metodología, con el fin de cuantificar las floraciones, y a partir de éstas estimar la producción de café.

**Tabla 7.** Errores absolutos y errores relativos para la producción en kilogramos de café cereza (kg cc) estimada por agrupación de eventos de floración, según método de muestreo por surcos.

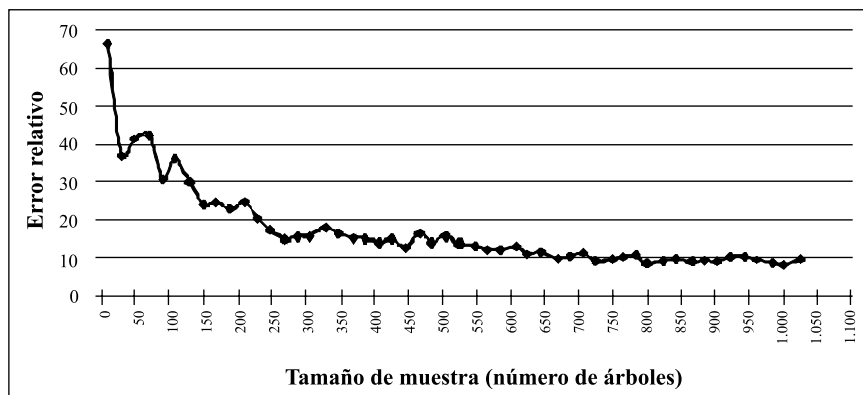
Lote	Cosecha	Eventos floración	kg cc			Eventos recolección	Parámetro kg cc	Error absoluto	Error relativo	
			Mín	Total	Máx					
Avenida	Mitaca	1, 2	491,1	590,0	688,8	1	666	76,1	11,4	
		3	255,4	316,6	377,7	2	466	149,5	32,1	
		4	663,4	800,6	937,7	3, 4, 5	957	156,5	16,3	
		Total	1.409,8	1.707,0	2.004,2		2.089	382,0	18,3	
	Principal	1, 2, 3, 4	456,5	636,4	816,2	1	565	71,4	12,6	
		5, 6	4.663,7	5.457,7	6.251,7	2, 3, 4, 5	5.617	159,3	2,8	
		7, 8, 9, 10, 11, 12	3.949,6	4.782,7	5.615,8	6, 7, 8, 9	5.142	359,3	7,0	
		13, 14	205,2	286,0	366,7	10	360	74,1	20,6	
	Total	9.275,1	11.162,7	13.050,3		11.684	521,3	4,5		
	Bella Vista	Mitaca	1	115,2	156,8	198,3	1	645	488,3	75,7
2, 3			431,1	570,6	710,0	2, 3, 4	1.063	492,5	46,3	
Total			546,2	727,3	908,3		1.708	980,8	57,4	
Principal		1, 2, 3, 4	1.869,2	2.212,8	2.556,3	1, 2	1.189	1.023,8	86,1	
		5, 6, 7, 8, 9, 10	11.874,0	13.588,3	15.302,6	3, 4, 5, 6	11.718	1.870,3	16,0	
		11, 12	9.494,3	10.889,2	12.284,0	7, 8	8.051	2.838,2	35,3	
		13, 14	268,4	364,1	459,7	9, 10, 11	1.152	788,0	68,4	
Total		23.504,2	27.053,5	30.602,7		22.110	4.943,5	22,4		
Bella II		Mitaca	1	163,2	224,6	285,9	1	383	158,5	41,4
			2, 3	425,6	582,1	738,6	2, 3, 4	1.011	428,9	42,4
	Total		588,8	806,7	1.024,5		1.394	587,4	42,1	
	Principal	1, 2, 3, 4	1.737,8	2.123,2	2.508,6	1, 2	1.387	736,2	53,1	
		5, 6, 7, 8, 9, 10	11.709,6	13.378,0	15.046,4	3, 4, 5, 6	11.027	2.351,0	21,3	
		11, 12	7.638,5	8.907,2	10.175,9	7, 8, 9, 10	8.488	419,2	4,9	
		13, 14	100,0	165,6	231,1	11	241	75,5	31,3	
	Total	21.184,7	24.573,4	27.962,0		21.143	3.430,4	16,2		
	Zapote	Mitaca	1, 2	713,0	826,5	940,0	1, 2	1.059	232,5	22,0
			3	218,6	269,1	319,6	3	169	100,1	59,2
4			359,5	430,9	502,2	4, 5	379	51,9	13,7	
Total			1.291,1	1.526,5	1.761,8		1.607	80,6	5,0	
Principal		1, 2, 3, 4	538,6	716,6	894,6	1	531	185,6	35,0	
		5, 6, 7, 8, 9, 10	6.410,5	7.491,3	8.572,0	2, 3, 4, 5	5.126	2.365,3	46,1	
		11, 12	4.166,1	4.872,2	5.578,2	6, 7, 8	4.099	773,2	18,9	
		13, 14	354,7	460,0	565,3	9, 10	520	60,0	11,5	
Total		11.469,9	13.540,0	15.610,1		10.276	3.264,0	31,8		

**Tabla 8.** Errores absolutos y errores relativos para la producción en kilogramos de café cereza (kg cc) estimada por agrupación de eventos de floración, según método de muestreo aleatorio.

Lote	Cosecha	Eventos floración	kg cc			Eventos recolección	Parámetro kg cc	Error absoluto	Error relativo
			Mín	Total	Máx				
Avenida	Mitaca	1, 2	405,6	459,9	514,2	1	666	206,1	30,9
		3	86,5	109,3	132,1	2	466	356,7	76,5
		4	351,0	416,2	481,3	3, 4, 5	957	540,9	56,5
		Total	843,1	985,4	1.127,6		2.089	1.103,7	52,8
	Principal	1, 2, 3, 4	595,3	751,8	908,2	1	565	186,8	33,1
		5, 6	4.205,0	4.660,8	5.116,6	2, 3, 4, 5	5.617	956,2	17,0
		7, 8, 9, 10, 11, 12	4.417,4	5.018,6	5.619,8	6, 7, 8, 9	5.142	359,3	2,4
		13, 14	196,2	249,3	302,3	10	360	110,8	30,8
		Total	9.413,8	10.680,3	11.946,8		11.684	1.003,7	8,6
Bella Vista	Mitaca	1	33,0	45,9	58,8	1	645	599,1	92,9
		2, 3	702,5	821,1	939,7	2, 3, 4	1.063	241,9	22,8
		Total	735,5	867,0	998,5		1.708	841,0	49,2
	Principal	1, 2, 3, 4	2.355,8	2.710,7	3.065,6	1, 2	1.189	1.521,7	128,0
		5, 6, 7, 8, 9, 10	10.083,9	11.213,3	12.342,6	3, 4, 5, 6	11.718	1.870,3	4,3
		11, 12	9.094,2	9.972,1	10.849,9	7, 8	8.051	1.921,1	23,9
		13, 14	458,9	553,1	647,3	9, 10, 11	1.152	598,9	52,0
Total	21.992,7	24.449,1	26.905,4		22.110	2.339,1	10,6		
Bella II	Mitaca	1	148,8	191,9	234,9	1	383	191,2	49,9
		2, 3	742,0	870,7	999,4	2, 3, 4	1.011	140,3	13,9
		Total	890,8	1.062,6	1.234,3		1.394	331,5	23,8
	Principal	1, 2, 3, 4	1.836,4	2.123,5	2.410,5	1, 2	1.387	736,5	53,1
		5, 6, 7, 8, 9, 10	12.010,2	13.188,2	14.366,1	3, 4, 5, 6	11.027	2.351,0	19,6
		11, 12	9.664,3	10.543,0	11.421,6	7, 8, 9, 10	8.488	2.055,0	24,2
13, 14	172,2	228,4	284,5	11	241	12,7	5,2		
Total	23.683,1	26.082,9	28.482,7		21.143	4.939,9	23,4		
Zapote	Mitaca	1, 2	325,8	382,9	439,9	1, 2	1.059	676,2	63,8
		3	150,0	177,9	205,8	3	169	8,9	5,3
		4	383,0	434,1	485,2	4, 5	379	55,1	14,5
		Total	858,7	994,8	1.130,8		1.607	612,3	38,1
	Principal	1, 2, 3, 4	674,0	813,6	953,1	1	531	282,6	53,2
		5, 6, 7, 8, 9, 10	6.202,6	6.920,2	7.637,7	2, 3, 4, 5	5.126	2.365,3	35,0
		11, 12	3.783,1	4.204,0	4.624,9	6, 7, 8	4.099	105,0	2,6
		13, 14	478,2	571,2	664,1	9, 10	520	51,2	9,8
Total	11.137,8	12.508,8	13.879,7		10.276	2.232,8	21,7		



**Figura 10.** Error relativo para la estimación del total de flores por evento, en la cosecha principal, según método de muestreo aleatorio.



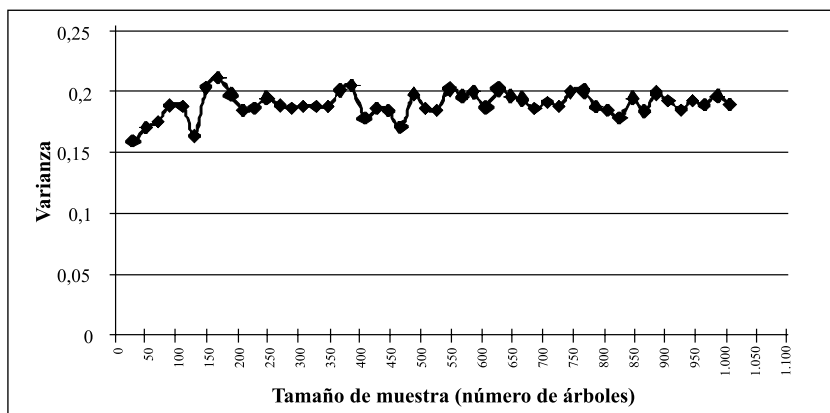
**Figura 11.** Error relativo para la estimación del número de flores, de acuerdo con el tamaño de muestra (número de árboles).

El método evaluado en este estudio ofrece un primer acercamiento a la cuantificación de la floración en lotes comerciales de café, con el objetivo de estimar la producción a nivel de finca. A partir de esta metodología la producción se podría estimar con una anticipación aproximada de ocho meses, que

es el tiempo transcurrido entre antesis y la maduración de las cerezas.

El estado de desarrollo de botones florales B4 (preantesis), es un estado adecuado para cuantificar las floraciones, ya que estos botones son visibles, fáciles de contar y la

**Figura 12.**  
 Varianza estimada  
 para la proporción  
 de árboles con  
 flores vs tamaño  
 de muestra  
 (número de  
 árboles).



duración de este estado hasta alcanzar la apertura de flores (antesis) permite evaluar eventos de floración que se presentan con una frecuencia hasta de una semana.

El método de muestreo por surcos, es sencillo y práctico, ya que permite el desplazamiento dentro de los lotes para seleccionar la muestra con una mínima complejidad e identificar las principales características de la población, con estimaciones dentro del intervalo obtenido con el método de muestreo aleatorio.

Para estudios posteriores se recomienda evaluar qué factores además de los considerados, afectan la precisión de la estimación de la producción a partir de las floraciones; y una vez estudiados estos factores, ajustar la estimación y validar el método.

### LITERATURA CITADA

1. ARCILA P., J.; CHAVES C., B. Aplicación y validación de una metodología para estimar anticipadamente la producción cafetera. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná. 1992. 49 p.
2. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 311:1-8. 2003.
3. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; BALDIÓN R., J.V.; BUSTILLO P., A. E. La floración del café y su relación con el control de la broca. Avances Técnicos Cenicafé No. 193:1-6. 1993.
4. JARAMILLO R., A.; VALENCIA A., G. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L. en Chinchiná, Colombia. Cenicafé 31 (4): 127-143. 1980.
5. CILAS, Ch.; DESCROIX, F. Yield Estimation and Harvest Period. WINTGENS, J.N. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Weinheim, Alemania, Ed. Wiley-VCH, 2004. p 595- 603.
6. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. SANTAFÉ DE BOGOTÁ. COLOMBIA. Muestra maestra de la zona cafetera submuestra pronóstico de la cosecha cafetera. Simposio Estadística 2000. Santafé de Bogotá, 2000. 77 p.
7. GIL V., L.F. La enfermedad de las cerezas del café *Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge. In: enfermedades del café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 2003. p. 196-204.

8. LEIBOVICH, J. La producción de un cultivo permanente. Aplicación de un modelo de corto y mediano plazo al café en Colombia. *In: Lecturas de economía cafetera*. OCAMPO, A., J. I. Bogotá, Tercer Mundo Editores, Diciembre 1987. p. 65-103.
9. MACHADO S., A. Pronóstico de las cosechas del café. Algunos aspectos de los primeros trabajos exploratorios. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 16 (47): 67-93. 1955.
10. SALAZAR N., J.; OROZCO F., J.; CLAVIJO J., F. Características morfológicas; productivas y componentes de rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra. *Cenicafé* 39 (2): 43-60. 1988.
11. SCHEAFFER., R.L.; MENDENHALL.,W.; OTT., L. Elementos de muestreo. Instituto Tecnológico Autónomo de México, Iberoamericana (México), 1987. 321 p.
12. TROJER., H. El ambiente climatológico y el cultivo del café en Colombia: problemas, conocimientos actuales y perspectivas. *Cenicafé* 5 (57): 22-37. 1954.
13. UPRETI G., BITTENBENDER, H.C.; INGAMELLS, J.L. Rapid estimation of coffee yield. In *Proc. ASIC 14 Collq.*, San Francisco, CA, 1991. p. 585-593.