DINÁMICA EN LOS PROCESOS DE BENEFICIO TRADICIONAL Y ECOLÓGICO, DE LOS GRANOS AFECTADOS POR LA BROCA DEL CAFÉ [1]

Ilde Fernando Fajardo Peña[*]; Juan Rodrigo Sanz Uribe[**]

RESUMEN

FAJARDO P., I. F. Dinámica en los procesos de beneficio tradicional y ecológico, de los granos afectados por la broca del café. Cenicafé (Colombia). 50(2):136-144. 1999.

Se evaluó la dinámica de los granos de café afectados por *Hypothenemus hampei* (CB), en dos procesos de beneficio húmedo: el proceso empleado tradicionalmente en Colombia (PBT) y el proceso ecológico BECOLSUB desarrollado en Cenicafé, que incluye la remoción mecánica del mucílago (PBDM). En cada tratamiento se utilizaron 32 unidades experimentales de 150kg. de frutos de café *Coffea arabica* L. var. Colombia, de recolección normal, mezclados y homogeneizados con anterioridad a los procesos. Con el PBDM, la proporción de peso del café afectado por la broca (CB), disminuyó un 65%, mientras que con el PBT se redujo en un 66%. La relación del CB, antes y después de los procesos, es de tipo lineal e independiente al proceso de beneficio, para un rango de frutos afectados entre 1% y 40%. En el PBDM la remoción mecánica del mucílago resultó ser la operación que permitió retirar en mayor proporción (16%), la masa afectada por el insecto, mientras que en el PBT fue la clasificación por densidad (21%). La trilla del café redujo la proporción de CB en un 12% para el PBDM y 17% en el PBT. Esta operación puede ser una alternativa importante para retirar masa afectada por la broca.

Palabras claves: *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, beneficio tradicional, beneficio húmedo, beneficio ecológico, módulo Becolsub, calidad del café, café pergamino, café brocado.

ABSTRACT

Dynamics of coffee grains affected by *Hypothenemus hampei* was evaluated in two wet processes: process traditionally used in Colombia (PBT) and ecological process BECOLSUB developed in Cenicafé, which includes mechanical removal of mucilage (PBDM). For each treatment, 32 experimental units of 150 kg of coffee berries cultivar Colombia, picked normally, and mixed and homogeneized before processing, were used. With PBDM, proportion of bored coffee (CBr) decreased by 65%, whereas with PBT it decreased by 66%. Relation of bored coffee before and after processing is linear and independent from proceesing for a range of affected berries between 1% and 40%. With PBDM, mechanical removal of mucilage separated the highest proportion of bored coffee (16%), whereas with PBT classification was made by density (21%). Dehushing of dry coffee reduced the proportion of bored coffe by 12% in PBDM and by 17% in PBT. This operation can be an important alternative for removal of bored coffee.

Keywords: *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, traditional processing, wet processing, ecological processing, Becolsub module, grain quality, parchment coffee, bored coffee.

[1] Fragmento de la tesis "El proceso de beneficio con desmucilaginado mecánico en la selección del café afectado por la broca" presentada a la Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila, Colombia, para optar al título de Ingeniero Agrícola.

* Ingeniería Agrícola. Becario de Colciencias de la Disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé.

** Asistente de Investigación. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

El daño causado por la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), se ha constituido en el problema de mayor importancia para la caficultura colombiana (1), debido a las características biológicas de la especie, a la magnitud de sus efectos y a la poca viabilidad económica para su erradicación (2,3,6). La alteración fisiológica que el insecto ocasiona a los granos origina pérdidas en la productividad y el deterioro de la calidad del café (11,12) con diferentes repercusiones económicas, sociales y ambientales.

El principal inconveniente que genera el daño causado por el insecto en el beneficio del fruto cosechado y en la trilla del café pergamino seco es la selección de los granos afectados, para cumplir con las normas establecidas para la comercialización (9).

Los estudios realizados previamente en Cenicafé para la separación de estos granos en el beneficio (4,5,7,10,13,14), estuvieron enfocados al uso de dispositivos hidráulicos, en los cuales se pueden aprovechar diferencias en su densidad y en el comportamiento hidrodinámico de las partículas para la clasificación. Sin embargo, las distribuciones de frecuencia intersectas de la densidad entre los materiales por separar, cercanas a la del agua, fueron el principal inconveniente para lograr buenas eficacias de selección. Se presentan como desventajas adicionales, la inclusión de café sano con el material rechazado y el uso adicional de agua.

El conocimiento del efecto de las distintas etapas del beneficio sobre el café afectado por la broca permite predecir la participación del defecto en todos los estados del grano según el proceso, como función del porcentaje de los frutos perforados observados en el recibo. La información generada sirve para determinar la importancia económica del daño ocasionado por el insecto con la toma de decisiones para su control en el campo (6); también permite identificar las operaciones que presentan ventajas en la selección de los granos defectuosos y su relación con la calidad del producto.

Esta investigación tuvo como finalidad estudiar la dinámica del café afectado por la broca en el proceso de beneficio ecológico con desmucilaginado mecánico, como alternativa para seleccionar la masa afectada, y compararla con lo que ocurre en el proceso de beneficio tradicionalmente empleado en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el beneficiadero para experimentación de la disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, ubicado en Chinchiná (Caldas). La fase experimental se desarrolló entre los meses de septiembre y noviembre de 1996, período correspondiente a la cosecha principal de la zona, ubicada alrededor de los 1.400 msnm. Se realizaron 32 repeticiones en cada proceso, empleando un módulo de beneficio ecológico de café BECOLSUB*, con capacidad para procesar 600 kilogramos de café cereza por hora. La unidad experimental fue de 150kg de café variedad Colombia de recolección normal, mezclados y homogeneizados antes de los procesos. El porcentaje de los frutos perforados por la broca osciló en un rango entre el 1% y el 40%.

En la Figura 1 se puede observar que el proceso de beneficio ecológico (PBDM) se realizó con el despulpado sin agua, la remoción mecánica del mucílago y el lavado del café con 1,0 litro de agua por kilogramo de café seco procesado, la clasificación hidráulica por densidad en tanque, el secado mecánico, la clasificación por tamaño del café pergamino

* **BE**neficio **ECOL**ógico y manejo de **SUB**productos.

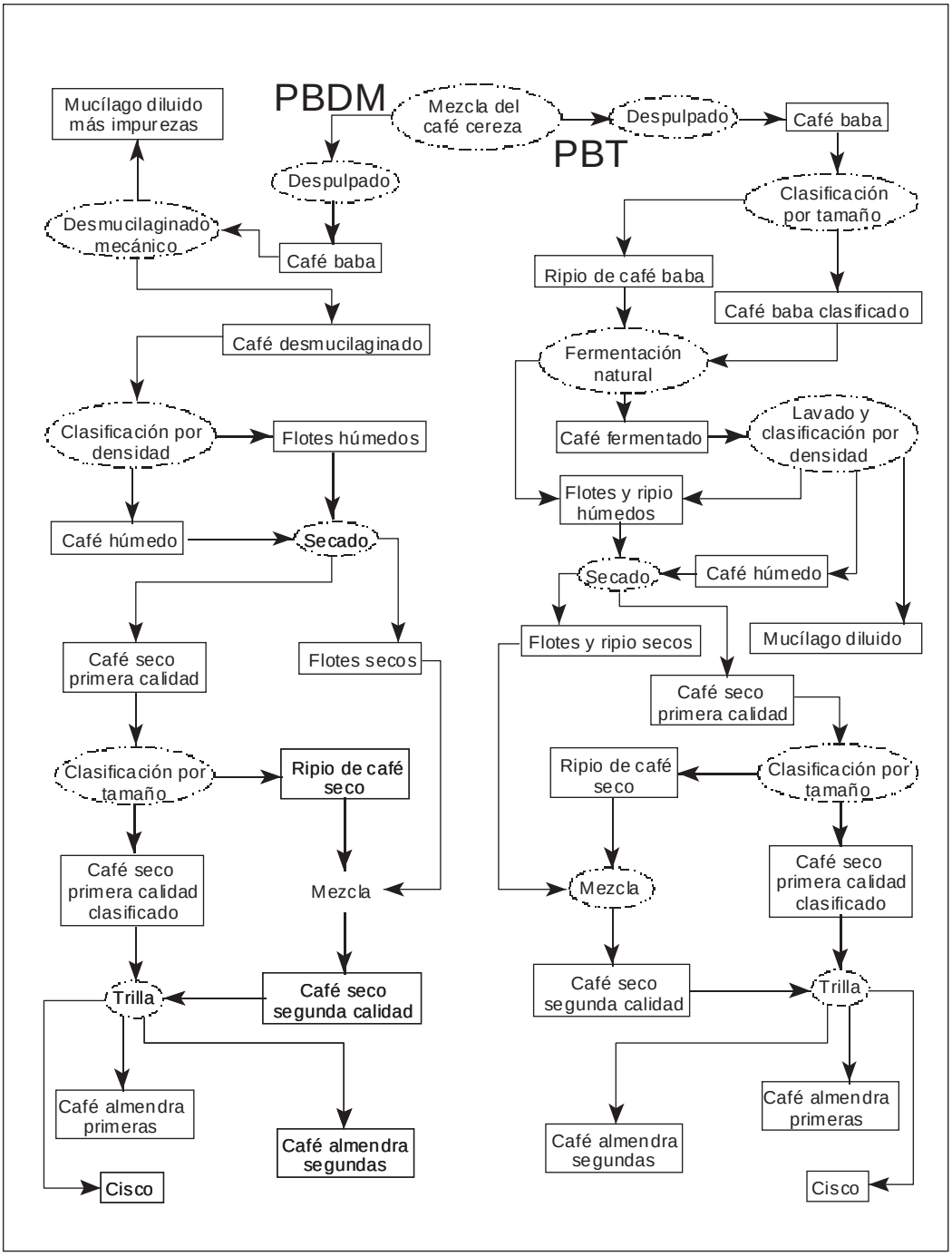

Figura 1. Diagrama de flujo de los procesos de beneficio húmedo de café utilizados para evaluar la dinámica de los granos de café afectados por la broca, tradicional (PBT) y ecológico (PBDM).

seco en zaranda con perforaciones oblongas de 4,4 mm y la trilla. El beneficio tradicional (PBT) se diferenció por la remoción del mucílago con fermentación natural y el lavado con cuatro enjuagues; en este proceso se incluyó la clasificación por tamaño del café despulpado empleando una zaranda circular de varillas con separación media de 8,3mm.

En la caracterización de la población se tuvo en cuenta el porcentaje de granos afectados por el insecto presente en la masa, tanto para el producto que finalizó por la vía principal del proceso (primeras), como para el café que fue rechazado en las etapas de clasificación (segundas). Con la información registrada se compararon los procesos de beneficio en la participación del defecto en cada estado, a través del estadístico de prueba F, bajo un análisis de varianza de una vía para un diseño completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa cómo la proporción de los granos afectados por el insecto disminuyó en la medida que el proceso se cumplió; cada etapa permitió disminuir la participación del material afectado en la masa de granos (8).

El único estado común entre los procesos que presentó diferencias estadísticas en la proporción de peso del café afectado por la broca (CB), fue el ripio retirado con la clasificación por tamaño del café pergamino seco. En el PBDM se obtuvo mayor proporción del defecto en el material separado y se seleccionaron en la operación, granos que habían sufrido daño mecánico en las etapas previas del proceso; sin embargo, no hubo diferencias en la participación del defecto en la masa que siguió por la vía principal del proceso.

Con la remoción mecánica del mucílago se obtuvo una condición favorable: la destrucción de granos severamente atacados por la broca junto con los estados vivos del insecto y, en granos menos alterados, la pérdida de parte o la totalidad del endospermo dañado. Sin embargo, la disminución de la participación del defecto lograda con el desmucilaginado mecánico no implicó diferencias entre los procesos, debido a la selección del CB lograda en el PBT mediante la clasificación por densidad. El material retirado durante la remoción mecánica del mucílago fue expulsado a través de la malla del desmucilaginador, a manera de pequeños fragmentos mezclados en la suspensión mucílago - agua - impurezas. Aunque los granos que perdieron por remoción mecánica la parte del endospermo afectado se califican como defectos en la comercialización, con menos proporción de masa alterada y menos cantidad de insectos muertos presentes, hay menos deterioro en la calidad de la bebida (11).

Los coeficientes de determinación de las expresiones que relacionan la proporción del café afectado por la broca entre dos estados de cada proceso fueron mayores a 0,92 para el material rechazado en las etapas de clasificación y superiores a 0,95 para los estados del café que siguió en la vía principal del proceso, indicando gran ajuste de las relaciones lineales positivas (Tabla 2). Se estableció el siguiente modelo:

$$\%\,CB_f = m * \%\,CB_i \qquad <<1>>$$

Donde:

$\%\,CB_f$: Proporción en peso del café afectado por la broca después de la etapa o proceso;

$\%\,CB_i$: Proporción en peso del café afectado por la broca antes de la etapa o proceso,

m: Pendiente de la recta o constante de proporcionalidad.

TABLA 1. Valores medios de la proporción de peso del café afectado por la broca (% CB) de todos los estados del grano en los procesos de beneficio húmedo ecológico (PBDM) y tradicional (PBT).

Estado	Proceso	% CB *	CV %
Cereza	PBDM	16,86 a	58,31
	PBT	17,30 a	58,81
Despulpado	PBDM	10,50 a	66,16
	PBT	10,81 a	65,43
Desmucilaginado mecánico	PBDM	8,89 a	65,12
Café en baba clasificado	PBT	10,13 a	65,05
Húmedo	PBDM	8,44 a	65,42
	PBT	8,10 a	64,41
Seco	PBDM	6,83 a	64,28
	PBT	6,91 a	63,26
Seco clasificado	PBDM	6,66 a	64,18
	PBT	6,83 a	66,18
Almendra de primeras	PBDM	5,80 a	69,15
	PBT	5,67 a	70,64
Ripio de café baba clasificado	PBT	28,17	57,94
Flotes	PBDM	35,57 a	50,02
	PBT	41,89 a	45,16
Ripio seco	PBDM	9,55 a	61,15
	PBT	6,88 b	65,53
Segundas	PBDM	16,17 a	65,75
	PBT	20,28 a	58,89
Almendra de Segundas	PBDM	11,46 a	63,75
	PBT	12,08 a	67,21

* Se establecieron diferencias empleando la prueba F al nivel del 5%.

Con el valor de la pendiente de la recta de regresión se aprecia la importancia de cada operación para separar el CB o para disminuir su participación en la masa. La mayor disminución (36%) se presentó en el despulpado debido a la alteración en el balance de masa ocurrido; en la operación no se realiza ningún tipo de selección y la participación del CB disminuye debido a la posibilidad de encontrar cualquiera de las siguientes alternativas al despulpar un fruto de café afectado por el insecto (perforación de la cereza detectada a la vista): que el insecto haya perforado el fruto sin afectar los granos (cuando hay dos) y que uno o ambos granos se encuentren afectados; la condición menos frecuente está relacionada con el ataque en ambos granos, lo que permite una disminución en la participación del defecto en la masa con relación a la evaluación inicial de los frutos en el recibo.

TABLA 2. Constante de proporcionalidad, m y coeficiente de determinación (r^2), de las expresiones que relacionan la proporción del café afectado por broca entre dos estados del café en los procesos.

Operación	Estados relacionados	Proceso	m*	r^2
Despulpado	Cereza - Despulpado	PBDM	0,638289 a	0,980
		PBT	0,635779 a	0,977
Desm. mecánico	Despulpado - Desmucilaginado mecánico	PBDM	0,835103 a	0,982
Clas. por tamaño	Despulpado - Baba clasificado	PBT	0,924462 a	0,976
Clas. por densidad	Desmucilaginado mecánico - Húmedo	PBDM	0,936628 b	0,970
	Baba clasificado - Húmedo	PBT	0,787381 a	0,975
Secado	Húmedo - Seco	PBDM	0,798480 a	0,985
		PBT	0,843245 a	0,987
Clas. por tamaño	Seco - Seco clasificado	PBDM	0,971417 a	0,992
		PBT	0,994310 a	0,985
Trilla	Seco Clasificado - Almendra de primeras	PBDM	0,879386 a	0,975
		PBT	0,834576 a	0,972
Trilla	Segundas - Almendra segundas	PBDM	0,695033 b	0,980
		PBT	0,609221 a	0,972
Clas. por tamaño	Despulpado - Ripio de baba clasificado	PBT	2,461459	0,952
Clas. por densidad	Desmucilaginado Mecánico - Flotes	PBDM	3,609686 a	0,924
	Baba clasificado - Flotes	PBT	3,662062 a	0,924
Clas. por tamaño	Seco - Ripio seco	PBDM	1,348391 a	0,956
		PBT	0,968739 b	0,926
Proceso completo	Cereza - Almendra de primeras	PBDM	0,353828 a	0,959
		PBT	0,338021 a	0,958
Proceso completo	Cereza - Almendra de segundas	PBDM	0,683563 a	0,965
		PBT	0,707535 a	0,953

* Se establecieron diferencias empleando la prueba t al nivel del 5%.

La pendiente m, fue mayor que la unidad en las etapas de clasificación, al relacionar la participación del defecto en el café antes de la operación y en el material separado, consecuencia de la concentración del CB en la masa retirada. La clasificación por densidad presentó en ambos procesos la mayor eficacia de selección (con m> 3,6 para los flotes), mostrándose como el mejor método para seleccionar granos afectados por la broca; sin embargo, al relacionar la participación del defecto en el café que siguió por la vía principal del proceso, antes y después de la operación, se aprecia cómo la disminución de la participación del CB en el PBDM fue estadísticamente menor que la lograda con el PBT.

El anterior resultado permite establecer que el PBDM es menos dependiente del uso del agua para la selección del café afectado por la broca (CB) por las ventajas que se obtienen en este sentido con la remoción mecánica del mucílago. La reducción de CB lograda en el PBDM durante el desmucilaginado mecánico, sumada a la obtenida con la clasificación por densidad, se alcanzó en el PBT con la clasificación por densidad.

La disminución del tamaño en el secado de los granos afectados por la broca, los cuales durante la agitación han sufrido la pérdida del pergamino, del endospermo afectado, y en algunos casos, la alteración de su forma, favorecen la separación de estos granos en la clasificación por tamaño del café seco. Durante la operación, con el PBDM se obtiene mayor proporción de granos afectados por la broca en el material separado que con el PBT y mayor eficacia de selección. Sin embargo, este logro no implicó diferencias estadísticas entre los procesos después de la clasificación para la proporción del defecto en el café seco.

En la trilla del café seco, los granos son sometidos a esfuerzos para retirarles el pergamino y la película plateada. Debido a esta acción, en el producto de primera calidad el CB presentó una alteración similar a la ocurrida durante el desmucilaginado mecánico; los granos susceptibles, que hasta ese momento no habían sufrido daño mecánico, perdieron mayor peso o fueron destruidos. La proporción de peso en ambos procesos disminuyó como consecuencia de las semillas que se destrozaron, de la pérdida de parte del endospermo afectado y por la alteración del balance de masa allí ocurrida (el pergamino retirado en la operación representa mayor proporción de peso en un grano afectado por la broca que en un grano sano).

En la trilla del café seco de segunda calidad se destrozaron granos severamente afectados por la broca. La condición se presentó más acentuada con el PBT, debido a que en el PBDM esto ya había sucedido durante la remoción mecánica del mucílago. Al trillar este café se encontraron diferencias estadísticas a favor del PBT en la reducción de la proporción de peso del defecto; la pendiente de la recta, m fue menor para este proceso y muestra que los granos afectados por la broca presentes en el material de segunda calidad en el PBT perdieron más peso en la operación.

Sin tener en cuenta el despulpado y el secado, donde no hay separación de café afectado por el insecto, en el PBT la clasificación por densidad fue la labor que permitió disminuir en mayor proporción el CB, después la trilla del café pergamino seco, la clasificación por tamaño del café despulpado y por último, la clasificación por tamaño del café pergamino seco. En el PBDM la operación que permitió disminuir en mayor proporción el CB presente fue el desmucilaginado mecánico, en segundo lugar la trilla del café pergamino seco, luego la clasificación por densidad y en último lugar, la clasificación por tamaño del café pergamino seco (Figura 2).

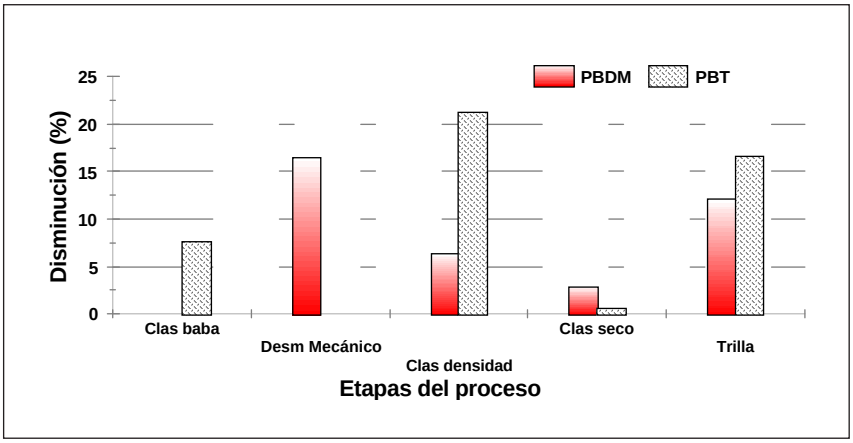

Figura 2. Disminución en la proporción de peso del café afectado por la broca, en las etapas de los procesos donde se retiró la masa afectada por el insecto.

AGRADECIMIENTOS

A los Drs. Esther Cecilia Montoya y Carlos Eugenio Oliveros, por las asesorías prestadas para la realización de la investigación.

LITERATURA CITADA

1. ALMACENES GENERALES DE DEPÓSITO. ALMACAFÉ. Comercialización del café brocado en Colombia, años 1992-1995. Santafé de Bogotá, ALMACAFÉ, 1995. 22 p.

2. ALONZO P., F. R.. El problema de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col: Scolytidae) y la caficultura: Aspectos relacionados con importancia, daño, identificación, biología, ecología y control. San José, IICA-PROMECAFÉ, 1984. 242 p.

3. ALZATE V., D. Efecto de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. sobre la producción de café. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 37 p.

4. ALZATE V., D. Evaluación y optimización de un separador vertical hidráulico para café cereza. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 49 p.

5. ARISTIZABAL T., I. D. Diseño, construcción y evaluación de un hidrociclón para lavar y clasificar café fermentado. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1995. 195 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola).

6. DECAZY, B. Niveles y umbrales de daños económicos de las poblaciones de broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. *In*: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Cenicafé. Cenicafé 50 años. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, 1990. p. 146-149.

7. DÍAZ O., J. E. Separación del café cereza afectado por broca en el canal semisumergido. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 54 p.

8. FAJARDO P., I. F. El proceso de beneficio con desmucilaginado mecánico en la selección del café afectado por la broca. Neiva, Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería, 1997. 147 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola).

9. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. FEDERACAFÉ. Norma de calidades de café. Bogotá, FEDERACAFÉ, 1988. 4 p.

10. MÁRQUEZ G., S. M. Evaluación y optimización de la operación del tanque sifón para el clasificado del café cereza. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1987. 117 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola).

11. MONTOYA R., E. C. Efecto de la broca en la calidad del café. *In*: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Cenicafé. Resumen del informe anual de actividades de Cenicafé, 1994-1995. Chinchiná, Cenicafé, 1995. p. 24-25.

12. SALAZAR G., M. R.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N. M.; BUSTILLO P., A. E. Crecimiento y desarrollo del fruto del café y su relación con la broca. Avances Técnicos Cenicafé No. 194: 1-4. 1993.

13. TORRES A., S. E. Clasificación de café pergamino en canal de correteo y en máquina de aire -zaranda. Chinchiná, Cenicafé, 1990. 99 p.

14. VILLABONA G., S. Estudio de la separación del café brocado en el canal de correteo. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 45 p.