

LAVADO DEL CAFE EN LOS TANQUES DE FERMENTACION

Diego Antonio Zambrano-Franco*; Juan Diego Isaza-Hinestroza*

RESUMEN

ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA, H., J.D. Lavado del café en los tanques de fermentación. *Cenicafé (Colombia)* 45(3): 106-118. 1994.

En las instalaciones tradicionales de beneficio húmedo, para lavar el café se registran consumos de agua entre 20 y 30 litros por kilogramo de café pergamino seco (*cps*). Con el objeto de caracterizar la etapa de lavado y determinar los consumos de agua utilizando tecnologías adaptadas de sistemas convencionales, se hicieron evaluaciones a escala de laboratorio y a escala piloto. En laboratorio, se cuantificó la relación óptima agua-café para efectuar el primer enjuague y el contenido de sólidos totales que drenó con cada residuo, después de lavar el café con cantidades de agua pre-establecidas, utilizando cuatro enjuagues. A escala piloto, se determinó el consumo de agua originado con una metodología simple de lavado discontinuo, en dos tanques de fermentación convencionales, ubicados en la Fundación Manuel Mejía y CENICAFE-Chinchiná (Colombia), con capacidades de 550 y 240 kg de café en baba, a los cuales se les redondearon todas sus aristas con radios de 30 y 22 cm, respectivamente y se les ubicó el drenaje de residuos en el fondo, constituyendo lo que se denominó un TANQUE TINA. Se observó que durante la fermentación drena un residuo que contiene el 21% del mucilago. El primer enjuague o "cabeza de lavado" toma menos de 5 minutos para drenar, cuando la relación supera los 0,4 litros por kilogramo retirando el 45% del mucilago. El segundo, tercero y cuarto enjuague, contienen el 23%, 9% y 2% del mucilago respectivamente. Se retiraron 19,8 gramos de sólidos totales por kilogramo de café en cereza. El consumo promedio de agua en el TANQUE TINA, se estimó en 4,1 y 4,2 L/kg *cps* con una precisión de 2,6% y 3,2% respectivamente, lo que equivale a la sexta parte del consumo utilizado tradicionalmente para lavar café.

Palabras claves: Colombia, *Coffea arabica* L., beneficio húmedo, lavado discontinuo, aguas residuales.

ABSTRACT

Laboratory and pilot plant studies were carried out to characterize new techniques of coffee bean washing and evaluate water consumption. In the laboratory, the optimum water/coffee bean ratio was quantified for the first washing and total water-borne solids were measured. In the pilot scale experiment, water consumption was determined using a simple discontinuous washing method in two conventional fermentation tanks (capacities of 550 and 240 kg of pulped coffee) situated at the Fundación Manuel Mejía and Cenicafé, Chinchiná (Colombia). The edges of the tanks were rounded off and drainage system fitted to collect residues at the bottom, thus forming the so-called "TANQUE TINA". During fermentation a residue containing 21% mucilage was collected. The first or "head wash" took less than 5 minutes to drain when the ratio was greater than 0.41 of water per kg of coffee and it collected 45% of the mucilage. The second, third and fourth washes contained 23%, 9% and 2% of mucilage respectively. At the end of the process, 19.8 g of solids per kg of coffee berries was collected. The average water consumption was estimated at 4.1 and 4.2 L/kg parchment coffee beans with a precision of 2.6% and 3.2% respectively for the two tanks.

Keywords: Colombia, *Coffea arabica* L., wet coffee processing, batch washing, waste waters.

* Investigador Científico I y Asistente de Investigación, respectivamente. Química Industrial. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En los procesos agroindustriales, el uso inadecuado del agua que entra en contacto con material vegetal, puede generar problemas de contaminación ambiental, como es el caso del proceso de beneficio húmedo de café (PBHC) (13).

En el PBHC se generan dos subproductos: la pulpa y el mucílago. Resultados de investigación obtenidos en Cenicafé, con café *Coffea arabica* L., variedad Caturra, demuestran que si el despulpado del café y el transporte de la pulpa a las fosas se realiza sin agua, la contaminación potencial que podría llegar a las corrientes de agua se reduciría en un 73,7% (16).

Es difícil establecer un consumo específico de agua durante la operación de lavado del café; lo común es que en cada beneficiadero se lava con la cantidad de agua disponible, lo cual dificulta la estimación del consumo y manejo del recurso para el control de la contaminación en esta etapa del PBHC.

Según lo cita Castro (4), para efectuar el lavado y/o la clasificación del café fermentado, se utilizan métodos hidráulicos como los canales de correteo y los canales semisumergidos con consumos de agua que varían entre 7,3 y 19,3 para el primero y de 8,7 litros por kilogramo de café pergamino seco (*cps*) para el segundo, métodos hidráulico-mecánicos como los clasificadores Aagaard, y métodos mecánicos que incluyen lavadores de tipo horizontal, tipo vertical, con inyector hidráulico, bomba Kivú o centrífuga cuyo consumo está alrededor de 7 L/kg *cps*. En evaluaciones hechas por el mismo autor, lavando café en un canalón de correteo y en un canal semisumergido, obtuvo consumos de agua entre 28 y 54, para el primero y 6,8 L/kg *cps* para el segundo.

Brandon (3), registra consumos de 0,53 litros por kilogramo de café cereza (*cc*) al lavar el café en tanque, lo que es equivalente a 2,6 L/kg *cps*.

Es necesario por tanto determinar la relación mínima de agua/café que permita la remoción máxima del mucílago fermentado por gravedad en la etapa de lavado y que garantice mantener la calidad del café durante esta etapa del beneficio húmedo, así como la obtención de residuos líquidos concentrados que además de la economía en agua, faciliten y permitan hacer mas eficientes y económicos los sistemas de tratamiento anaeróbico (14) o aprovechar el mucílago fermentado como subproducto.

El redondeo de formas geométricas angulares de un tanque facilita el desplazamiento de los fluidos. Para facilitar el movimiento de la masa de café, Henao (8) sugiere el redondeo de los bordes y los ángulos en el canalón de correteo.

En el presente trabajo se evaluó el lavado de café fermentado en los tanques de fermentación después de redondear su forma paralelepípeda convencional, cuantificando el mucílago retirado y el consumo de agua por enjuagues sucesivos.

MATERIALES Y METODOS

Para evaluar el lavado de café se utilizaron muestras de *Coffea arabica* L. variedades Caturra y Colombia, despulpadas sin agua y fermentadas. El lavado se realizó en los tanques de fermentación, mediante cuatro enjuagues sucesivos, a escala de laboratorio y a escala piloto.

Para los ensayos de laboratorio se determinó la velocidad de drenado del primer enjuague o "cabeza de lavado" y el peso y volumen de mucílago retirado en cada enjuague. Los ensayos se llevaron a cabo en Cenicafé, municipio de Chinchiná, 1310 msnm, latitud norte 5° 00', longitud oeste 75° 36' y temperatura media 21,6°C (6).

A escala piloto se adecuaron las infraestructuras de dos tanques convencionales de fermentación, redondeando sus ángulos y las esquinas para facilitar el movimiento de la masa durante el lavado dentro de los mismos y se determinó el consumo de agua utilizando una metodología simple para lavar en forma discontinua. Estas determinaciones se llevaron a cabo en CENICAFE y en la Fundación Manuel Mejía (FMM), municipio de Chinchiná, 1370 msnm, latitud Norte 4° 59', longitud oeste 75° 39' y temperatura media 21,6°C, (6).

ESCALA LABORATORIO. Se procesaron muestras de café en cereza que incluían frutos con diferentes grados de madurez. El despulpado se realizó sin agua, utilizando una despulpadora FIMAR N° 4. El café en baba (*cb*) se depositó por gravedad directamente en los tanques de fermentación. La fermentación natural en seco se realizó a temperatura ambiente durante 18 horas.

Velocidad de drenado del primer enjuague o "cabeza de lavado". Observaciones preliminares durante el lavado del café por cubrimientos sucesivos, mostraron que el líquido que se obtuvo después del primer enjuague, presentaba viscosidad que dependió de la relación agua/café, lo que determinó su velocidad de drenado. A este primer drenado correspondiente al primer enjuague, se le llamó "cabeza de lavado".

Para determinar la relación mínima, entre el volumen de agua y la masa de café que permitiera el drenado por gravedad de la "cabeza de lavado", se lavaron muestras procedentes de 500 gramos de *cb* utilizando relaciones de agua/café que variaron entre 0,3 y 0,6 L/kg. La evaluación se hizo sobre cuatro muestras, utilizando dos repeticiones como se describe en la Figura 1.

Para cada muestra y para cada relación, se determinó la velocidad de drenado de las "cabe-

zas de lavado", pesando el líquido que drenó luego de 5 minutos. Se utilizó para ello un cronómetro CASIO HS-20 y una balanza SARTORIUS tipo 1907 MP8. Para cada relación se determinó el peso seco de mucílago contenido en el líquido, siguiendo el método registrado por la APHA para la determinación de sólidos totales (1).

Lavado del café por enjuagues sucesivos. Se utilizaron tres tanques cilíndricos de fondo cónico, construídos en acrílico, con una altura 35 cm y un diámetro 27 cm dotados en el fondo de una malla de acero inoxidable que permitió el drenaje de líquidos y la retención del café. A la salida, al fondo, un tapón de caucho permitió controlar la salida del líquido.

Se evaluaron 7 muestras por triplicado. En cada tanque se vertieron 8 kg de *cb*. El mucílago que drenó durante la fermentación (DF) se recibió en un vaso de precipitado con el fin de determinar su volumen y el contenido de sólidos totales (1).

El lavado de la masa de café se efectuó dentro del tanque, mediante cuatro enjuagues sucesivos: adición de agua limpia, agitación fuerte de la masa y drenado del residuo. Se establecieron consumos de agua limpia de 0,4; 0,3; 0,3 y 0,3 L/kg *cb*, para el primer enjuague (IC), segundo enjuague (IIC), tercer enjuague (IIIC) y cuarto enjuague (IVC), respectivamente.

Se determinó el volumen de los residuos drenados después de cada enjuague y su contenido de sólidos totales (1). La relación de 0,4 L/kg se estableció para el primer enjuague, teniendo en cuenta que a partir de este valor, el mucílago drenó libremente de la mezcla agua/café y se obtuvo el mismo volumen adicionado en menos de cinco minutos. La relación de 0,3 L/kg para los tres enjuagues restantes, permitió cubrir la masa de café, agitarla fuertemente y drenar libremente el líquido, en un tiempo menor.

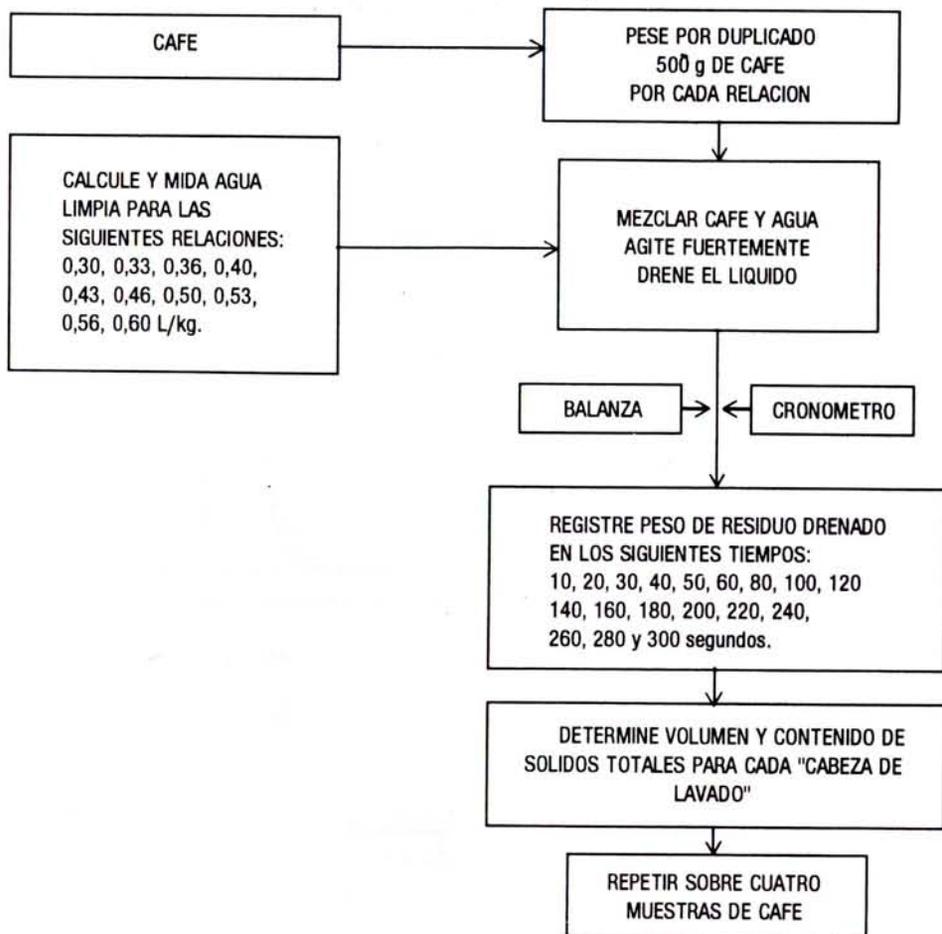


Figura 1. Metodología para obtener las velocidades de drenado de las "cabezas de lavado".

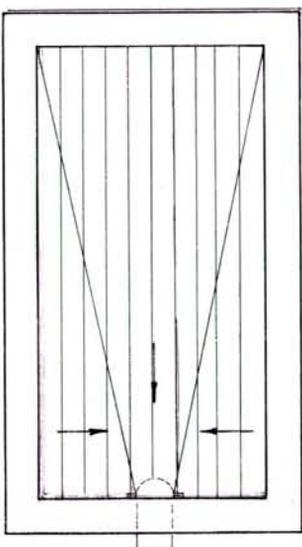
ESCALA PILOTO. Se reformó la estructura interna de dos tanques de fermentación convencionales, con capacidades de 550 y 240 kg de *cb*, Figura 2A, los cuales se dotaron con zarandas a la entrada del café, con el fin de retirar pulpa y pasilla antes de la fermentación.

La reforma de los tanques consistió en redondear todos sus ángulos y las esquinas con un radio de 30 y 22 cm, respectivamente y ubicar el drenaje de líquidos en el fondo, cons-

tituyendo lo que se denominó "TANQUETINA", Figura 2B.

Para retener los granos de café y permitir el paso del líquido, se colocó en el fondo de cada TANQUE TINA, una malla perforada con orificios de 3/16" de diámetro, los cuales ofrecían un área mínima de drenado de 18 cm²/dm². Los tubos de descarga tenían un diámetro de 2" y estaban provistos de válvulas que permitían retener y drenar los líquidos antes y después de cada enjuague.

TRADICIONAL



PLANTAS

MODIFICADO

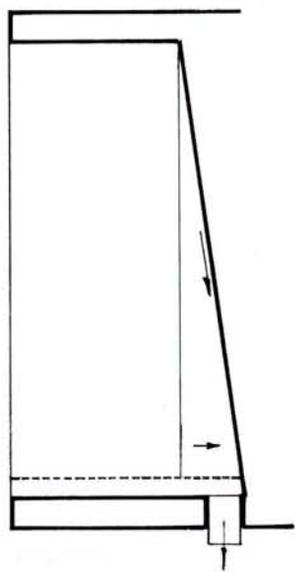
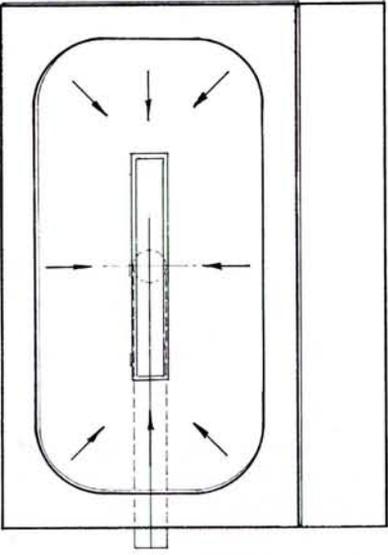
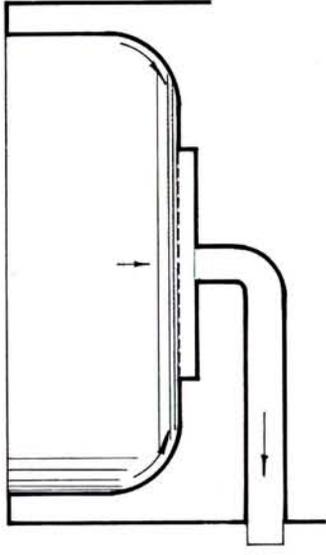


Figura 2A. Tanque de fermentación convencional con ángulos y esquinas rectas y rejilla lateral para drenaje de líquidos



CORTES

Figura 2B. Tanque convencional reformado a TANQUE TINA, mediante el redondeo de los ángulos y las esquinas ubicando en forma horizontal la rejilla de drenaje.

Para efectuar el lavado dentro del tanque, se siguió la metodología descrita en la Figura 3. Esta metodología se propuso, debido a la dificultad que se puede tener en una finca, para controlar la cantidad de agua que se necesita adicionar en cada enjuague y estaba acorde con las posibilidades técnicas del caficultor.

Se utilizó un contador de agua de 1/2", para determinar los consumos. Para la agitación de la mezcla agua-café, se usó una paleta de madera y una paleta fabricada en PVC en la FMM y CENICAFE, respectivamente.

En la FMM se lavaron 46 muestras de café provenientes del despulpado de *cc* con pesos entre 70 y 902 kg. En CENICAFE se lavaron 40

muestras de café provenientes del despulpado de *cc* con pesos entre 150 y 400 kg.

RESULTADOS Y DISCUSION

ESCALA LABORATORIO. Velocidad de drenado de la "cabeza de lavado". Durante los 5 minutos de drenado de las "cabezas de lavado", obtenidas con diferentes relaciones de agua/café, se recuperó el mismo volumen adicionado, después que esta relación superó 0,40 L/kg, (Figura 4). A partir de esta relación se observó fluidez de la mezcla agua/café, que permitió agitar fácilmente la masa dentro del tanque. Valores superiores al 100% de recuperación del líquido adicionado, correspondieron a la parte del volumen que ocupó el mucílago fermentado que se retiró.

ENJUAGUE	OPERACIONES	NIVEL
IC	Con adición simultánea de agua, agitar fuertemente la masa hasta que se "sienta que afloje". Drenar el residuo.	Agua > café
IIC y IIIC	Adicionar agua hasta cubrir la masa. Agitar fuertemente. Drenar el residuo.	Agua = café
IVC	Adicionar agua entre 5 y 10 cm por encima de la masa. Agitar fuertemente. Retirar flores. Drenar el residuo.	Agua > café

Nota: Para controlar la adición de agua limpia y la salida de los residuos, se instala una válvula o un tapón en el ducto de descarga.

Figura 3. Metodología propuesta para lavar en TANQUE TINA.

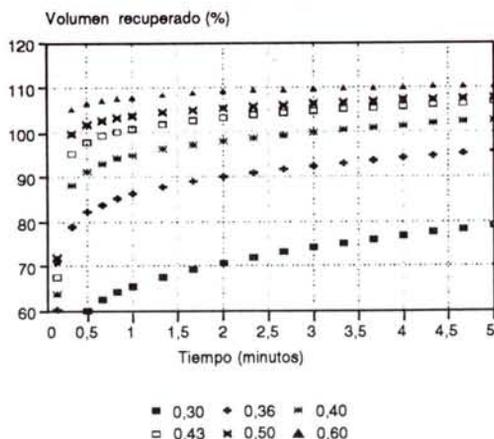


Figura 4. Tasa de recuperación de líquido. Obtención de las "cabezas de lavado".

La Figura 5 muestra como después que la relación superó 0,43 L/kg, el peso de mucílago que se retiró en la "cabeza de lavado", no tiene aumentos significativos, como sí ocurrió con el aumento en el consumo de agua. Un aumento del 39,5 % en el volumen de agua adicionado, solo incrementó 7,2 % la cantidad de mucílago que se retiró.

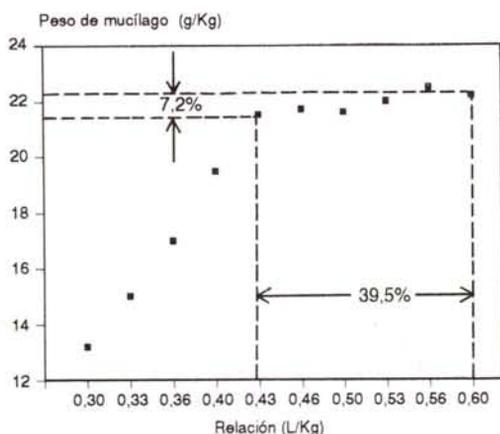


Figura 5. Mucílago retirado en las "cabezas de lavado", utilizando diferentes relaciones de agua/café. Aumentando el 39,7% del volumen de agua, sólo se incrementa el 7,2% el peso del mucílago retirado.

Lavado del café por enjuagues sucesivos. Los resultados obtenidos durante el lavado del café por enjuagues sucesivos, se reúnen en la Tabla 1 descritos en términos de *cc*. En ella se encuentran, además de los consumos de agua limpia utilizados para cada enjuague, el promedio, los valores máximos, mínimos y coeficientes de variación de los volúmenes de los residuos drenados durante la fermentación y después de cada enjuague. También el contenido de sólidos totales (ST) y sus equivalentes porcentuales del mucílago total retirado. En la misma infraestructura de tanques, Zambrano *et al* (17) evaluaron 7 muestras de 13 kg de *cb* con 3 repeticiones, y obtuvieron contenidos de mucílago de 20,8; 42,5; 21,3; 10,3 y 5,1%, para DF, IC, IIC, IIIC y IVC respectivamente, con agitación fuerte solo durante el primer enjuague.

A partir de lo anterior, se deduce la importancia que tiene para la calidad final del lavado del café, la agitación fuerte de la masa durante los cuatro enjuagues, dada la reducción del mucílago contenido en el tercero y cuarto enjuague encontrado en este trabajo: 9,0% y 1,8% respectivamente.

Las Figuras 6 y 7 se elaboraron a partir de la Tabla 1 y representan respectivamente el porcentaje parcial y acumulado del mucílago contenido en cada residuo y la concentración de los residuos que drenaron del tanque de fermentación, cuyo valor promedio calculado para la mezcla fue de 24600 mg ST/L.

La Figura 8, obtenida a partir de los datos procesados de la Tabla 1, muestra que después del segundo enjuague (IIC), que acumuló el 54,5% del volumen total del agua residual producida, el mucílago retirado ascendió a 89,2% del total obtenido en la operación de lavado, lo que convierte al drenado de fermentación y los dos primeros enjuagues de la masa, en las principales fuentes de contaminación durante el lavado discontinuo del café.

TABLA 1. Característica de los residuos provenientes de un lavado discontinuo de café.

RESIDUO DRENADO	CONSUMO AGUA (ml/kg cc)	VOLUMEN RESIDUO (ml/kg cc)	SOLIDOS TOTALES (mg/L)	% MUCILAGO RETIRADO	
DF	0	25	MAX: 32 MIN: 11 CV: 27,4%	MAX: 185170 MIN: 115540 CV: 14,0 %	MAX: 29,4 MIN: 11,0 CV: 30,6 %
IC	220	204	MAX: 230 MIN: 180 CV: 7,8%	MAX: 47366 MIN: 29325 CV: 29,8%	MAX: 50,9 MIN: 41,0 CV: 7,7 %
IIC	165	211	MAX: 230 MIN: 180 CV: 7,3%	MAX: 34823 MIN: 15920 CV: 28,1%	MAX: 28,6 MIN: 18,7 CV: 11,9
IIIC	165	196	MAX: 220 MIN: 180 CV: 7,2%	MAX: 15450 MIN: 5820 CV: 35,2%	MAX: 12,9 MIN: 6,7 CV: 19,9
IVC	165	170	MAX: 180 MIN: 160 CV: 3,1%	MAX: 5242 MIN: 1806 CV: 36,3%	MAX: 2,3 MIN: 1,6 CV: 15,9

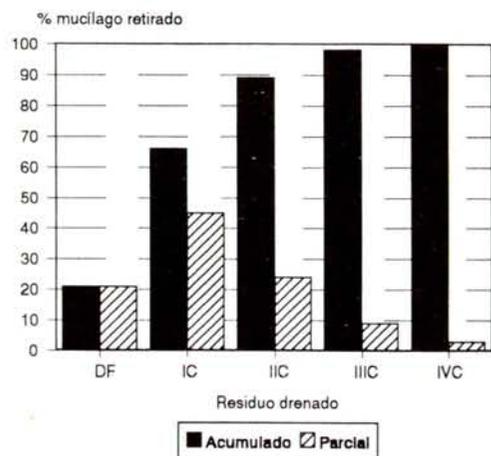


Figura 6. Proporción en peso del mucilago seco contenido en cada residuo drenado.

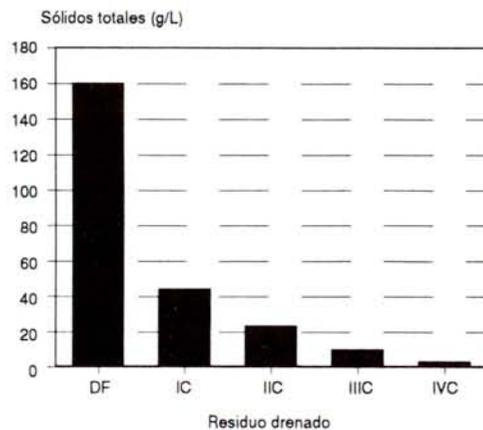


Figura 7. Concentración de los residuos drenados. Contenido final de la mezcla 24,6 g ST/L.

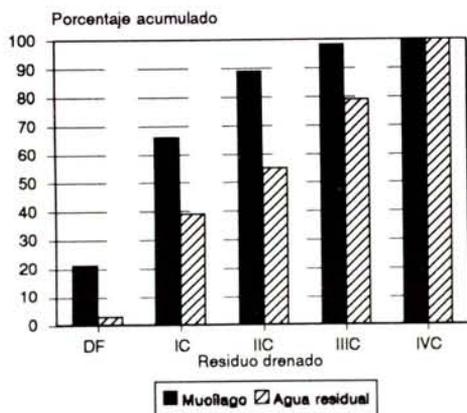


Figura 8. Proporción de mucilago retirado durante lavado discontinuo. El 100% corresponde a 806 ml/kgcc para la fase líquida y 19,8 gST/kgcc para el mucilago seco.

El drenado de fermentación DF es un líquido de color ámbar, rico en sólidos solubles (97%), que representa el 20,9% de la contaminación generada por el mucilago fermentado, contenido en el 3,1% del volumen total de las aguas residuales obtenidas en estas experiencias de lavado. A pesar de presentar la concentración más alta en sólidos totales, 160000 mg/L, posee una viscosidad similar al agua, contrario a lo observado con la "cabeza de lavado", cuya viscosidad aumentó cuando se redujo el consumo específico de agua.

Durante la operación del lavado del café ocurre una dilución del mucilago, que depende del consumo específico de agua en cada beneficiadero.

Para el caso de este estudio, se observó que el mucilago fermentado procedente del cc con diferentes estados de madurez, puede considerarse como una constante, ya que por cada kilogramo de cc cosechado, se obtuvieron 91 ml que contenían 19,8 g de ST, equivalentes a 455 ml y 99 g ST/kg cps, que constituyen según Zambrano et al. (16), el 26,3% de la contaminación potencial de los subproductos del Proceso de Beneficio Húmedo de Café, correspondiéndole el 73,7% restante a la pulpa.

A partir de estos resultados y conocido el consumo específico de agua en la operación de lavado, V, es posible estimar la concentración global de sólidos totales, [ST], en el agua residual efluente de la operación de lavado, mediante la expresión:

$$[ST] = 99000 / (V + 0,455)$$

donde,

[ST] : mg/L ó ppm

V : L/Kg cps

Al asignar valores a V entre 2 y 21 L/kg cps, se obtiene la Figura 9, la cual permite determinar gráficamente la concentración de sólidos totales de las aguas residuales generadas durante el lavado del café, en función del consumo específico de agua en la operación. Por ejemplo, si para lavar el café se utiliza una relación de 4,1 L/kg cps, entonces la concentración global del agua residual, será cercana a 22000 ppm y su volumen total será la suma, entre el volumen de agua limpia utilizada, más el volumen proveniente del mucilago retirado: 5,0 litros por kilogramo de café pergamino seco.

Esta ecuación puede aplicarse, independientemente de como se efectúe el lavado del café procedente de fermentación natural.

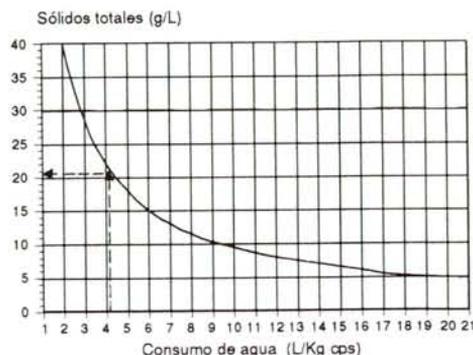


Figura 9. Estimación gráfica de la concentración final de las aguas residuales producidas en la etapa de lavado de café, desmucilaginado con fermentación natural.

ESCALA PILOTO. En la Tabla 2 se presentan los consumos específicos de agua limpia, obtenidos durante el lavado del café en el TANQUE TINA ubicado en la FMM, de 45 muestras de café provenientes del despulpado de *cc* cuyo peso varió entre 70 y 902 kg.

Contiene el promedio de los consumos, el máximo y el mínimo, y los coeficientes de variación del total de agua limpia y de los porcentajes correspondiente a cada enjuague. Se hizo además el mismo análisis, para las muestras agrupadas de acuerdo a los siguientes tamaños: 70 a 400 kg, 401 a 600 kg y 601 a 902 kg.

Se concluye que no existen diferencias significativas con el tamaño de muestra lavada y que la estimación del consumo promedio de

agua para lavar el café en el TANQUE TINA de la FMM, 0,83 L/kg *cc* equivalente a 4,13 L/kg *cps*, según el factor de conversión para la zona: 5,0 kg *cc*/kg *cps*, tuvo una precisión del 2,6% (5). Durante tres meses que duró esta evaluación, se obtuvieron 590 arrobas de *cps* calificados Tipo Federación por la Cooperativa de Caficultores de Chinchiná.

Análogamente, la Tabla 3, muestra los resultados obtenidos en CENICAFE, al lavar 40 muestras provenientes del despulpado entre 150 y 400 kg de *cc*. Igual a lo encontrado en FMM, se pudo concluir que la estimación del consumo promedio de agua para lavar el café en el TANQUE TINA de CENICAFE, 0,87 L/kg *cc* equivalente a 4,20 L/kg *cps*, según el factor de conversión para la zona: 4,8 kg *cc*/kg *cps*, tiene una precisión del 3,2%.

TABLA 2. Lavado del café TANQUE TINA-FMM, Nov 6/92-Feb 12/93.

	CONSUMO TOTAL DE AGUA		PORCENTAJE DE AGUA UTILIZADO EN LOS ENJUAGUES			
	(L/kg <i>cc</i>)	(L/kg <i>cps</i>)	IC	IIC	IIIC	IVC
PROMEDIO*	0,83	4,13	25,22	28,87	24,30	21,60
MAXIMO	0,97	4,85	31,25	37,59	30,00	31,72
MINIMO	0,67	3,37	20,62	19,31	18,75	12,50
CV(%)	8,8		9,6	16,5	10,3	21,1

* Obtenido de 46 muestras lavadas. Café en cereza: entre 70 y 902 kg

TABLA 3. Lavado del café TANQUE TINA-CENICAFE, May 3-Sep 10/93.

	CONSUMO TOTAL DE AGUA		PORCENTAJE DE AGUA UTILIZADO EN LOS ENJUAGUES			
	(L/kg <i>cc</i>)	(L/kg <i>cps</i>)	IC	IIC	IIIC	IVC
PROMEDIO*	0,87	4,20	20,1	17,7	23,6	38,6
MAXIMO	1,07	5,16	23,4	21,3	27,4	48,1
MINIMO	0,70	3,38	15,2	12,6	20,7	32,9
CV(%)	10,1		4,1	11,1	6,4	7,6

* Obtenido de 40 muestras lavadas. Café en cereza: entre 150 y 400 kg.

De acuerdo con estos resultados, es posible obtener en volúmenes muy bajos de agua casi la totalidad del mucílago fermentado que es necesario retirar con la operación de lavado, la cual depende también de una buena recolección del fruto. El café en baba obtenido a partir de frutos maduros y transportado sin agua a los tanques de fermentación, facilita posteriormente la operación de lavado.

En algunas de las experiencias efectuadas, se observó que la presencia de pulpas y frutos en "coco", en la masa de fermentación, conllevaron a un lavado incompleto, ya que se liberaron azúcares y compuestos fenólicos que están presentes en la pulpa. Zuluaga (18), oscureciendo rápidamente el agua, aún en el último enjuague de la masa. Este fenómeno no se observó al trabajar solo con frutos maduros, los cuales hacían mucho más sencilla la operación de lavado.

El criterio para el cuarto enjuague a escala piloto, que implicó la adición de agua entre 5 y 10 cm por encima del nivel de la masa, se tomó de la práctica del caficultor para retirar los flotes, la cual representa una clasificación simple en el tanque. Esta práctica llega a incrementar el consumo específico de agua, al principio y final de la cosecha de café o cuando se sobrediseña la capacidad de un TANQUE TINA, ya que este volumen es "constante" y debe adicionarse siempre para retirar los flotes, sin importar la cantidad de café que se lave.

Lo anterior se observó en la finca Buenos Aires, vereda El Trébol, municipio de Chinchiná, donde se evaluaron tres operaciones de lavado, procedentes de muestras de 190 kg cc, en un tanque de fermentación convencional adaptado a TANQUE TINA, el cual cuenta con el doble de la capacidad necesaria en dicha finca, lo que llevó a un consumo total de 5,3 L/kg cps, de los cuales el 46,2% correspondió al cuarto enjuague.

A la luz de los resultados contenidos en las Tablas 2 y 3, se espera que el consumo de agua para lavar el café en el TANQUE TINA, esté alrededor de 5 L/kg cps (1 L/kg cc) lo que equivale a 62,5 litros de agua por arroba de cps. Este consumo equivale al 28% de lo registrado por Arcila (2) y al 20 % de lo reportado por Castro (4), Torres (11) y Wilbaux (12), al lavar en sistemas convencionales que incluyen operaciones en el tanque de fermentación y en el canalón de correteo. El consumo 0,53 L/kg cc (3), es menor al encontrado lavando en TANQUE TINA.

Las concentraciones menores que presentan los drenados IIC, IIIC y IVC, respecto a DF y IC, permiten pensar en el aprovechamiento de estos residuos para lavar el mismo día, otras masas de café y distribuir así la capacidad total en varios TANQUES TINA ubicados en forma escalonada, para aprovechar el flujo de estos residuos por gravedad, de un TANQUE TINA a otro, tal como lo muestra la Figura 10. De esta forma se reduciría más el consumo específico de agua durante la operación de lavado discontinuo.

La modificación realizada en el tanque de fermentación de la FMM, según la Figura 2B, se contempla para fincas con una producción anual cercana a 1000 @ cps y un 2% en día pico, las cuales se producen en áreas sembradas en café entre 5 y 10 Ha, que corresponden a más del 70 % del total de fincas cafeteras en el país (7).

No obstante, al aumentar el número de tanques, se hace extensiva esta tecnología a un porcentaje mayor de fincas, lo cual convierte al TANQUE TINA en una buena alternativa para economizar agua y ayudar a controlar el problema de contaminación en la zona cafetera.

En la zona rural del municipio de Chinchiná, en tres infraestructuras de TANQUE TINA,

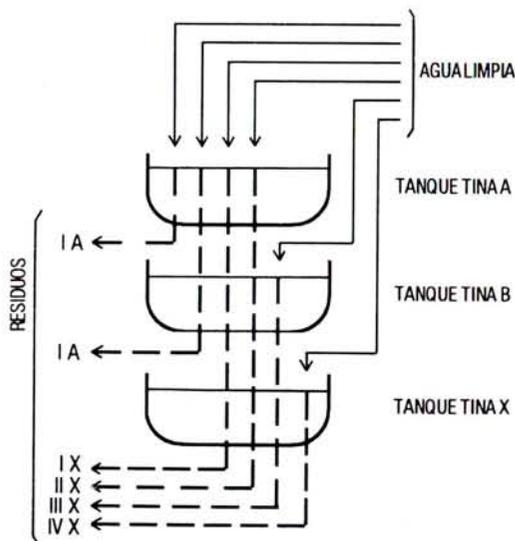


Figura 10. Aprovechamiento de los drenados insaturados, para lavar en varios TANQUES TINA ubicados escalonadamente.

logró reducir el consumo de agua y el tiempo en el lavado de café procedente de 500 kgcc a cerca de 30 minutos incluyendo el tiempo de descarga del café lavado del tanque.

Según Zambrano (14), una forma económica y con buenas posibilidades de obtener altos rendimientos energéticos en el tratamiento anaeróbico de aguas residuales biodegradables, como es el caso de las "mieles" producidas durante el lavado del café, es la de favorecer el incremento de la concentración de la contaminación haciendo un uso más racional de agua en el proceso, lo que se traduce en una reducción del consumo específico y de infraestructura para su almacenamiento previo al tratamiento.

Cualquier alternativa de tratamiento y/o aprovechamiento de las aguas residuales del lavado del café, implica tener una infraestructura para almacenarlas, cuya capacidad depende del consumo específico de agua en la operación de lavado.

Desde el punto de vista de la solución en parte el problema de contaminación generado en el PBHC, es necesario adaptar las instalaciones tradicionales de tal forma que se permita un despulpado y transporte de la pulpa en seco, ya que este material, representa las 3/4 partes del problema potencial que pueden ocasionar los subproductos del PBHC y puede llegar a perder la mitad de su peso seco cuando se transporta con agua (15).

El drenado de fermentación y la "cabeza de lavado", son "líquidos saturados", que contienen las 2/3 partes del mucílago fermentado, que se retira durante la operación de lavado. Si estos residuos concentrados se asperjan sobre la pulpa que en días anteriores ha sido transportada a las fosas sin agua, se reduce como mínimo el 80 % del potencial contaminante de los subproductos del PBHC, además de enriquecer en materia orgánica la pulpa que se transforma en abono. La pulpa fresca obtenida el día anterior que no ha sido puesta en contacto con el agua, aumenta su peso alrededor de un 30% al humedecerla con estos residuos (17).

La composición química del mucílago fermentado, basada en pectinas, ácidos, azúcares y alcoholes (9, 10) y la alta concentración de los residuos que se obtienen mediante el lavado en el TANQUE TINA, lo pone en posición atractiva para utilizarlo como complemento en nutrición animal, tal como sería la fabricación de concentrados para aves, ganado vacuno, porcino, etc.

La anterior información constituye una de las tecnologías para reducir el consumo de agua durante el lavado del café en las fincas cafeteras. Además, es importante como alternativa que permite emprender la validación de tecnología de tratamiento anaeróbico de las aguas residuales producidas en el beneficio del café, diseñada por Cenicafé e instalada en algunas fincas de la zona cafetera central.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Héctor Fabio Ospina O., Bernardo Cháves C. y Jaime Zuluaga V. por su colaboración y apoyo durante el desarrollo de este trabajo y al Auxiliar I de Investigación, Uriel López P., por sus aportes durante su ejecución.

LITERATURA CITADA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "Standard methods for the examination of water, sewage and industrial wastes", New York, 16th edition, 1985.
2. ARCILA O., F. Contaminación por residuos del beneficio del café. In: cursos sobre cálculo y diseño de beneficiaderos de café. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1978. 16p. (Mimeografiado)
3. BRANDON, T.W. Treatment and disposal of waste waters from processing of coffee. East African Agricultural Journal (Kenya) 14 (4): 179-186. 1949.
4. CASTRO Q., G. Estudio comparativo del lavado y clasificación del café fermentado en canalón y canal semisumergido. Universidad Nacional de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE. Chinchiná (Colombia), 1987. 68p.
5. CHAVES C., B. Análisis del consumo de agua para lavar café en tanques. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 1994. (Memorando Interno ABB005).
6. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. Chinchiná (Colombia). Anuario Meteorológico 1990. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1992. 354 p.
7. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. División de Investigaciones Económicas. Departamento Censo Cafetero. Censo Cafetero Nacional. 1980-1981. 1983, 148 p.
8. HENAO J., J. El café en Venezuela. Caracas, Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central. 1982, pp 227-237.
9. LONDOÑO S., R; HERNANDEZ R., H. Análisis químico de algunos de los principales componentes de las aguas residuales del beneficio de café. Bogotá (Colombia). Universidad Nacional, 157 pág. 1988 (Tesis Química Farmacéutica).
10. PALMA R., M.; GONZALEZ F., R. Algunos cambios químicos que sufren las aguas residuales del beneficio del café por almacenamiento. Bogotá (Colombia). Universidad Nacional, 125 pág. 1989 (Tesis Química Farmacéutica).
11. TORRES A., S. E. Clasificación de café pergamino en canal de correteo y en máquina de aire-zaranda. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (Colombia), 1990. 80p. (Tesis Ingeniería Agrícola).
12. WILBAUX, R. Beneficio del café. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1972. 231p.
13. ZAMBRANO F., D. A. Resultados de los estudios de laboratorio. In: Informe Anual de Actividades Octubre 1988-Septiembre 1989. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1989. 23p.
14. ZAMBRANO F., D. A. Potencial calórico de un sistema anaeróbico en el tratamiento de aguas residuales. Cenicafé, 42(4):133-136, 1991.
15. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V. J. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo del café. Cenicafé (Colombia). 44(2): 45-55. 1993.
16. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V., J.; FRANCO J., M. Balance de los residuos en un proceso de beneficio húmedo de café. In: Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 2. Manizales (Colombia), Noviembre 1991. Poster.
17. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J.D.; FRANCO J., M.; ZULUAGA V., J. Lavado de café en un tanque fermentador piloto. In: Seminario Internacional sobre Biotecnología en la industria cafetera, 2. Manizales (Colombia), Noviembre 1991. Poster.
18. ZULUAGA V., J. Contribution a l'étude de la composition chimique de la pulpe de café *Coffea Arabica* L. Neuchatel (Suiza), Université de Neuchatel. Faculté des Sciences, 1981. 93p. (Tesis Ph.D.)