

## Tecnología para el lavado del café en fincas de pequeños productores Ecomill® LH300

En fincas en Colombia con área en café de hasta 5,0 ha y producción anual promedio de hasta 7.000 kg de café pergamino seco - c.p.s. (600 @ por año en la finca), generalmente el café se lava en el tanque y con agitación manual. El menor gasto de agua de 4,17 L kg<sup>-1</sup> de c.p.s. (6, 8, 9), se obtiene utilizando el tanque tina, que tiene aristas redondeadas, aplicando la técnica de los cuatro enjuagues y cubriendo la masa de café con una lámina de agua de 3,0 a 5,0 cm, para facilitar su agitación y la separación de los granos de menor densidad o flotes. Las aguas residuales del lavado (ARL), 982 L t<sup>-1</sup> de café cereza procesado, presentan carga orgánica de 25.946 mg L<sup>-1</sup> de demanda química de oxígeno (DQO), por lo cual deben ser tratadas para evitar daños a los ecosistemas, utilizando tecnologías como los sistemas modulares de tratamiento (SMTA) desarrollados en Cenicafé, que permiten reducir más del 80% de la contaminación presente (9).





**Cenicafé**  
Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

#### Autores

**Carlos Eugenio Oliveros Tascón**  
Investigador Principal

**Juan Rodrigo Sanz Uribe**  
Investigador Científico III

**César Augusto Ramírez Gómez**  
Investigador Científico I

Disciplina de Poscosecha  
Centro Nacional de Investigaciones  
de Café - Cenicafé  
Manizales, Caldas, Colombia

#### Edición

Sandra Milena Marín López

#### Fotografías

Archivo Cenicafé

#### Diagramación

Luz Adriana Álvarez Monsalve

#### Imprenta

ISSN - 0120 - 0178

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia  
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723  
A.A. 2427 Manizales  
www.cenicafe.org

Para beneficiar café con bajo consumo específico de agua ( $<0,5 \text{ L kg}^{-1}$  de c.p.s.) en Cenicafé se desarrolló la tecnología Ecomill® (1, 2). En ella **se integran en un módulo: el despulpado sin agua, el transporte del café y de la pulpa, por medios mecánicos o utilizando la gravedad, y el lavado en un equipo de flujo vertical ascendente de granos y descarga radial de las ARL**. El agua se utiliza únicamente en la etapa de lavado, con consumo específico entre  $0,3$  y  $0,5 \text{ L kg}^{-1}$  de c.p.s. Las ARL con valores de 208 a  $248 \text{ L t}^{-1}$  de café cereza según el modelo, pueden adicionarse a la pulpa en proporción 2:1 ( $2,0 \text{ kg}$  de pulpa por  $1,0 \text{ L}$  de ARL) con la retención total del volumen adicionado y el control del 100% de la contaminación causada por ellas<sup>1</sup>. Adicionalmente, las ARL también pueden deshidratarse en secadores solares (5, 6).

Se diseñaron tres modelos de la tecnología Ecomill® con capacidades de 500, 1.500 y  $3.000 \text{ kg h}^{-1}$  de café lavado (2), con los cuales pueden atenderse necesidades de beneficio de 1.500 a  $9.000 \text{ kg día}^{-1}$  de café lavado utilizando la fermentación natural ó  $4.500$  a  $18.000 \text{ kg día}^{-1}$  de café lavado utilizando enzima pectinolítica (4), procesando dos lotes de café en el mismo día.

Actualmente la tecnología Ecomill® se utiliza en fincas en forma individual, en centrales de beneficio y en proyectos comunitarios con cinco a 20 pequeños productores. A pesar de las ventajas técnicas y ambientales su adopción es baja, por su elevado costo para las condiciones económicas de los productores de café en Colombia, principalmente para los más pequeños.

En este Avance Técnico se presenta la nueva tecnología **Ecomill® LH300**, diseñada para el lavado de pequeños lotes de café de hasta  $1.000 \text{ kg día}^{-1}$  de café lavado, que pueden cosecharse en fincas pequeñas y en microlotes en fincas de mayor producción. En su concepción y diseño se redujo el número de componentes y se utilizaron elementos fabricados por la industria nacional, con el fin de contribuir a la reducción del costo de la nueva tecnología, sin afectar su calidad.

## Descripción del Ecomill® LH300

El nuevo equipo que se presenta en la Figura 1 consta de los siguientes elementos:

### Tanque de fermentación

En la tecnología Ecomill® el tanque, fabricado en acero inoxidable, puede llegar a representar más del 50% del valor del equipo. Con el fin de disminuir este costo, en el equipo para pequeños productores se utilizaron tanques plásticos empleados para el almacenamiento de agua, con modificaciones para permitir la descarga del café por gravedad. Para este fin, se colocó un cono truncado en el fondo, con ángulo de  $60^\circ$  y diámetro de  $23,0 \text{ cm}$ , como la tolva de la tecnología Ecomill®. El primer modelo construido en Cenicafé

<sup>1</sup> OLIVEROS T., C.E. Control de la contaminación producida por las aguas residuales del lavado del café obtenidas con la tecnología ECOMILL®. p. 2-5. En: Cenicafé. Informe anual de actividades 2017. Chinchiná: Cenicafé, 2017. 38 p.

tuvo una capacidad para 250 L y se colocó un cono truncado (Figura 2), con diámetros menor y mayor de 19,0 cm y 65,0 cm, respectivamente, y altura de 44,0 cm, fabricado en acero inoxidable 430, calibre 18. En el cono se colocó una compuerta con perforaciones para permitir la descarga de los fluidos que se producen durante el proceso de fermentación y, al abrirla, alimentar con café al lavador.

## Lavador

De flujo horizontal, con descargas axial del café lavado y radial de las aguas de lavado (Figura 3a). El rotor del lavador consta de un eje de acero inoxidable soportado por dos rodamientos, con agitadores tipo Colmecano (Figura 3b), similares a los empleados en los equipos Ecomill® (1). El lavador gira concéntricamente en el interior de una carcasa generando fuerza centrífuga para expulsar las aguas de lavado a través de sus perforaciones, a medida que el café avanza en el interior del lavador impulsado por el tornillo sinfín del alimentador (Figura 3c). El agua es suministrada al lavador utilizando una pequeña bomba centrífuga, tipo acuario (7) (Figura 3d). En la descarga del equipo se colocó un dispositivo para retirar el agua de lavado que aún no ha sido separada de los granos (Figura 4). El lavador está soportado en una estructura metálica con ruedas para facilitar su manejo y transporte en el beneficiadero. Para el accionamiento del lavador se utiliza un motor de 0,25 kW (1/3 hp), que posibilita su empleo en fincas con limitaciones de potencia en la red eléctrica.

## Funcionamiento del Ecomill® LH300

En Cenicafé se realizó una investigación en la cual se determinaron las mejores condiciones de operación del equipo<sup>2</sup>. El café utilizado presentó contenido promedio de mucílago de 18,9% (con coeficiente de variación de 18,8%), con valores mínimo y máximo de 13,6% y 22,9%, respectivamente. Oliveros *et al.* (1) reportaron resultados similares en la investigación que permitió el desarrollo de la tecnología Ecomill®. Al momento de las pruebas se había alcanzado una degradación del mucílago mayor al 95%, de acuerdo al método Fermaestro® (3).

<sup>2</sup> OLIVEROS T., C.E. Evaluación de especificaciones de operación de un lavador de café para pequeños productores. p. 1-9. En: Cenicafé. Informe anual de actividades 2017. Chinchiná: Cenicafé, 2017. 9 p.



**Figura 1.** Ecomill® LH300, nuevo equipo para el lavado del café.



**Figura 2.** Cono truncado utilizado en el tanque de fermentación para permitir la descarga del café por gravedad.

a. Vista general del lavador horizontal



b. Rotor con agitadores



c. Tornillo sinfín del alimentador



d. Suministro de agua del café



Figura 3. Equipo para lavar café con degradación de mucílago.



Figura 4. Dispositivo para separar agua de lavado de los granos de café.

En la Tabla 1 se presentan las condiciones óptimas de operación del equipo y en las Figuras 5a y 5b se observa la operación del lavador y el aspecto del café beneficiado, con un volumen específico de agua de  $0,7 \text{ L kg}^{-1}$  de c.p.s. y velocidad de giro del rotor de  $300 \text{ r min}^{-1}$ .

En forma similar a la tecnología Ecomill (2), con el nuevo equipo **no se producen vertimientos por la reutilización de las aguas de lavado del café (ARL)**. En la Figura 6 se observa que después de 36 h de aplicación a la pulpa y re-aplicación de los drenajes se logra la retención del 100% de las ARL, utilizando un volumen específico de agua de  $0,7 \text{ L kg}^{-1}$  de c.p.s., operando el equipo con velocidad del eje del rotor de  $300 \text{ r min}^{-1}$  y relación de pulpa y ARL de  $1,57 \text{ (kg L}^{-1}\text{)}$ .

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas del equipo en su punto de óptima operación.

Variable	Valor promedio	Desviación estándar (D.É.)
Capacidad (kg h <sup>-1</sup> de café lavado)	258,02	20,41
Consumo específico de agua (L kg <sup>-1</sup> de cps)	0,70	-
Velocidad de giro (r min <sup>-1</sup> )	300,00	-
Remoción de mucílago (%)	97,16	1,29
Daño mecánico al producto (%)	0,12	0,18

**a. Lavador** operando a 300 r min<sup>-1</sup> y 0,7 L kg<sup>-1</sup> de c.p.s.



**b. Café** lavado

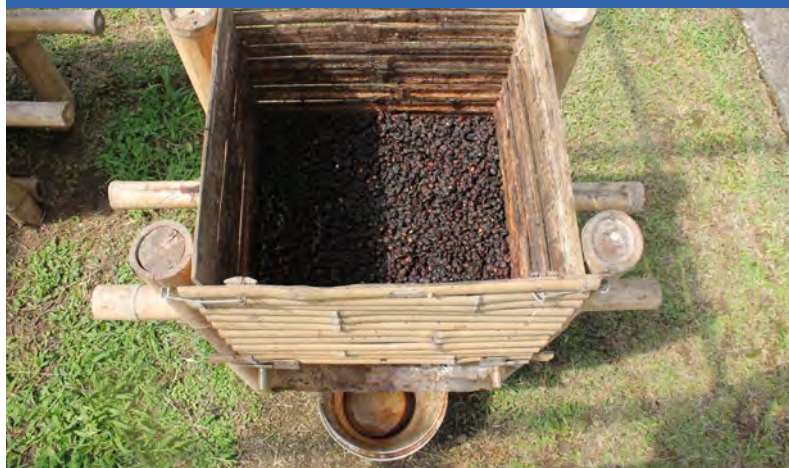


**Figura 5.** Operación del lavador del equipo Ecomill® LH300.

**a. Drenajes** después de 24 h



**b. Retención** total con adición a la pulpa de los drenajes a las 36 h



**Figura 6.** Aplicación a la pulpa de las aguas resultantes del lavado del café con el nuevo equipo.

El equipo se utilizó para el lavado del café despulpado y en punto de lavado, resultante de 40 lotes de café cereza, Variedad Castillo®, con peso entre 250 y 1.750 kg, y un total de 22.855 kg, con el fin de observar su funcionamiento, rendimiento, consumo específico de agua y daño mecánico causado a los granos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

No se observaron fallas en el funcionamiento del equipo (mecánicas y eléctricas) ni en su operación. Cuando se utilizó para lavar el café resultante de más de 1.000 kg de cereza no se observaron obstrucciones en las aberturas de la carcasa que afectarían el desempeño

del equipo (Figura 7a), obteniendo el café lavado con remoción de más del 98% del mucílago (Figura 7b). La energía eléctrica requerida para la operación del motor eléctrico del lavador se obtuvo de dos paneles solares de 280W cada uno, con los componentes electrónicos y baterías requeridos.

**Los resultados indican que con el equipo se lava café con mucílago degradado por fermentación con consumo específico de agua de 0,63 a 0,70 L kg<sup>-1</sup> de c.p.s., con daño mecánico de los granos inferior a 0,30%. Adicionalmente puede controlarse el 100% de la contaminación de las aguas de lavado adicionándolas a la pulpa en relación 1,57 kg pulpa : 1,00 L de ARL.**

**Tabla 2.** Desempeño del equipo con velocidad de giro del rotor de 307 r/min (D.É. 7,8 r min<sup>-1</sup>).

Café procesado (kg de café cereza)	Rendimiento (kg.h <sup>-1</sup> )		Consumo de agua (L kg <sup>-1</sup> de c.p.s.)		Daño mecánico (%)	
	Promedio	D.É.	Promedio	D.É.	Promedio	D.É.
22.855	316,5	37,6	0,63	0,095	0,25	0,28

**a. Expulsión** de las aguas residuales de lavado



**b. Descarga** del café lavado



**Figura 7.** Lavado de café a escala comercial con el Ecomill® LH300.

Cuando se requieran tanques plásticos de mayor capacidad que el mencionado en este Avance Técnico, debe colocarse el cono truncado en el fondo, con el diámetro de descarga de 21 a 23 cm y el ángulo de la pared de 60°, que permita el flujo de café en punto de lavado por gravedad.

## Ventajas del uso del Ecomill® LH300

Con relación a las tecnologías manuales y mecanizadas utilizadas para el lavado del café en Colombia se obtienen las siguientes ventajas:

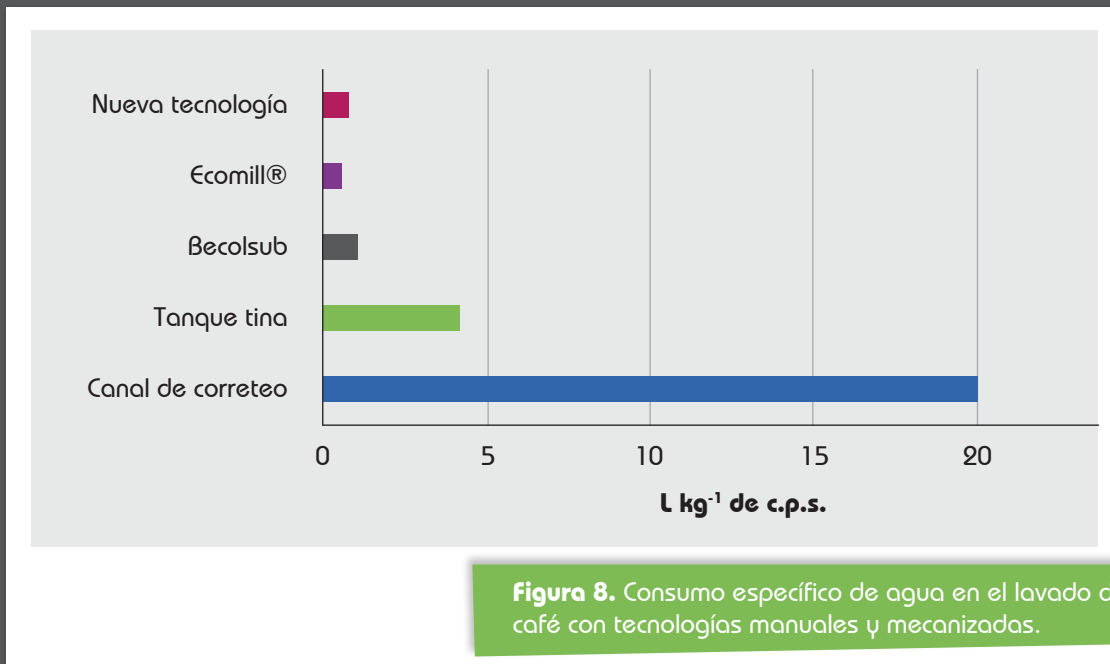
### Reducción en el consumo de agua en el lavado del café

En la Figura 8 se presenta la evolución en el consumo específico de agua (CEA) en el lavado del café utilizando

tecnologías de operación manual y mecanizada. Con relación al lavado en tanque tina, con la nueva tecnología se reduce el CEA en 83,2% y por cada tonelada de café en cereza procesada se obtiene una disminución en el volumen de agua de 694 L.

### Reducción en el requerimiento específico de energía eléctrica en el lavado del café

Con el Ecomill® LH300 se reduce el requerimiento específico de energía eléctrica en el lavado del café con relación a equipos como el Becolsub 300 y Ecomill® 500, en 91,4% y 64,3%, respectivamente. Por cada tonelada de café cereza procesada con la nueva tecnología se reduce el costo de la energía eléctrica en \$6.837 y \$1.157, respectivamente, con costo de \$450 por kWh.



El Ecomill® LH300 es una alternativa para el lavado de café en fincas de pequeños productores que utilizan la fermentación natural. Tiene capacidad aproximada de 300 kg h<sup>-1</sup> de café lavado y consumo específico de agua promedio de 0,63 a 0,70 L kg<sup>-1</sup> de c.p.s. Para su operación se requiere de un motor de 0,25 kW. Debe operarse con velocidad de giro del rotor de 300 r min<sup>-1</sup> y caudal de agua de 1,7 a 2,0 L min<sup>-1</sup>. Las aguas residuales de lavado del café se aplican a la pulpa, agregando los drenajes que resulten, y de esta forma se evita la contaminación causada por ellas.

Los mejores resultados se obtienen con café cereza de buena calidad, principalmente de frutos maduros, con separación de flotes antes del despulpado, empleo de la zaranda para retirar la pulpa y el café que no se despulpa, y del Fermaestro® para determinar el momento apropiado para iniciar el lavado.

Amigo caficultor, con el nuevo equipo Ecomill® LH300 puede lavar café con mayor comodidad, ahorro de mano de obra, de agua y energía eléctrica, sin contaminar las fuentes de agua

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de los señores Javier Velásquez y Ricardo Grisales y el apoyo de las Disciplinas de Biometría y Experimentación.

## Literatura citada

1. OLIVEROS T., C.E.; TIBADUIZA V., C.A.; MONTOYA R., E.C.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A. Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café en proceso con fermentación natural. Revista Cenicafé 65(1): 44-56. 2014.
2. OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; TIBADUIZA V., C.A. ECOMILL: Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café. 2013, 8p. (Avances Técnicos N° 432).
3. PEÑUELA M. A.E.; PABÓN U. J.P.; SANZ U. J.R. Método fermaestro: Para determinar la finalización de la Fermentación del mucílago de café. 2013, 8p. (Avances Técnicos N° 431).
4. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; RODRÍGUEZ V., N.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café. Revista Cenicafé. 61(3): 241-251. 2010.
5. RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Manejo de lixiviados y aguas de lavado en el proceso de beneficio húmedo del café. Revista Cenicafé 66(1):46-60. 2015
6. RODRÍGUEZ V., N.; SANZ U. J.R.; OLIVEROS T. C.E.; RAMÍREZ G. C.A. Beneficio de café en Colombia. Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café. Chinchiná, Cenicafé, 2016. 37p.
7. SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; LÓPEZ P., U.; VELÁSQUEZ H., J. Controle los flujos de café y agua en el módulo Becolsub. Chinchiná: Cenicafé, 2011. 8 p. (Avances Técnicos No. 405).
8. ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U.; ZAMBRANO G., A.J. Construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles [cd rom]. Chinchiná. Cenicafé, 2010. 36 p.
9. ZAMBRANO F., D. A; ISAZA H., J. D. Lavado del café en los tanques de fermentación. Revista Cenicafé 45(3):106-118. 1994.

