

Tanque de fermentación fabricado en plástico

Una alternativa para disminuir costos en la tecnología Ecomill®

La tecnología Ecomill® se emplea actualmente en fincas y en proyectos como centrales de beneficio y beneficiaderos comunitarios (Figura 1), en los cuales pueden atenderse las necesidades de beneficio de un gran número de caficultores, con ahorro importante de agua y energía eléctrica y manejo adecuado de las aguas residuales.





Cenicafé
Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Carlos Eugenio Oliveros Tascón

Investigador Sénior

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

La tecnología Ecomill® presenta ventajas importantes con relación a la tecnología BECOLSUB, ampliamente empleada en Colombia, como menor consumo específico de agua y de energía, y menor impacto ambiental por las aguas del lavado del café (Oliveros *et al.*, 2014; Oliveros *et al.*, 2013; Roa *et al.*, 1999). En la Tabla 1 se observa la reducción en el consumo específico de agua y de energía eléctrica de hasta 50,0% y 86,0%, respectivamente, con el equipo Ecomill®. En la reducción de la contaminación ambiental causada por las aguas del lavado del café, es mayor el impacto, ya que es posible eliminarla totalmente adicionándola a la pulpa.

En un equipo Ecomill® se identifican tres componentes principales o módulos: de despulpado (despulpadora, zaranda y motor), de fermentación con la estructura para soportarlo (uno o varios tanques, según la necesidad de procesamiento) y el módulo de lavado con el motor. Cuando se emplean varios tanques de fermentación se requiere un tornillo sinfín para transportar el café hasta el lavador, como se observa en la Figura 2.

A pesar de las ventajas técnicas y ambientales mencionadas, su adopción es baja, atribuible principalmente a su alto costo y al reducido poder adquisitivo de caficultores interesados en adquirirlo.

En la Tabla 2 se describen los costos del tanque utilizado en el equipo de menor capacidad, Ecomill® 500, fabricado en acero inoxidable, con capacidad para 1,5 m³, y su participación en el costo total del equipo, suministrados por cuatro fabricantes, a diciembre del 2017. Se observa que el costo del tanque de fermentación en este equipo varía entre \$4.500.000 y

\$5.870.000, con participación en el costo total del equipo entre 29,0% y 32,4%, respectivamente. En promedio, el costo del tanque de fermentación en acero inoxidable AISI 304, calibre 16, es \$3.378.333/m³.

Para realizar el proceso de fermentación del mucílago del café en fincas de menor producción (10.000 kg de cps - 800 @ año⁻¹ de cps) en Colombia se utilizan tanques con aristas redondeadas, denominados tanques tina, utilizando polietileno de densidad media (PEDM), como el que se observa en la Figura 3. Luego de 10 años de uso no se observa deterioro de éstos atribuible a la fricción con los granos de café durante el lavado o a la presencia de ácidos que se producen durante el proceso de fermentación natural.

El polietileno es utilizado en la fabricación de recipientes para el almacenamiento de diversidad de productos (alimenticios y no alimenticios), sellos hidráulicos, casquillos y cojinetes de precisión, entre otros, aprovechando sus propiedades mecánicas, facilidad para producirlos, durabilidad y resistencia a procesos de esterilización y a sustancias químicas (Giraldo y Vélez, 2002).

El polietileno es un material reciclable, aprobado por la Agencia Reguladora de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) y por la Unión Europea, para su empleo en productos en contacto repetido con alimentos. Las propiedades y el comportamiento con varios productos químicos se describen en las Tablas 3 y 4.

Con el fin de contribuir a la reducción del costo del equipo Ecomill® 500 (Oliveros *et al.*, 2014; Oliveros *et al.*, 2013) y del nuevo equipo Ecomill® LH 300 (Oliveros *et al.*, 2017), así



Figura 1. Tipos de uso de la tecnología Ecomill® en fincas (a), en beneficiaderos comunitarios (b) y en centrales de beneficio (c).

Tabla 1. Desempeño comparativo de las tecnologías Becolsub y Ecomill®.

Ítem	BECOLSUB				ECOMILL®			
	300	600	1000	3000	500	1500	3000	LH 300
Consumo específico de agua (L kg ⁻¹ de cps).	0,7 - 1,0				0,35 - 0,45	0,45 - 0,55	0,45 - 0,55	0,6 - 0,7
Consumo específico de energía (kWh t ⁻¹ de café lavado)*.	6,22	6,22	6,71	4,10	3,0	2,90	1,8	0,82
Reducción del impacto ambiental por las aguas de lavado del café (%).	90% - 92%				Hasta el 100%			

*No se incluye el despulpado del café.

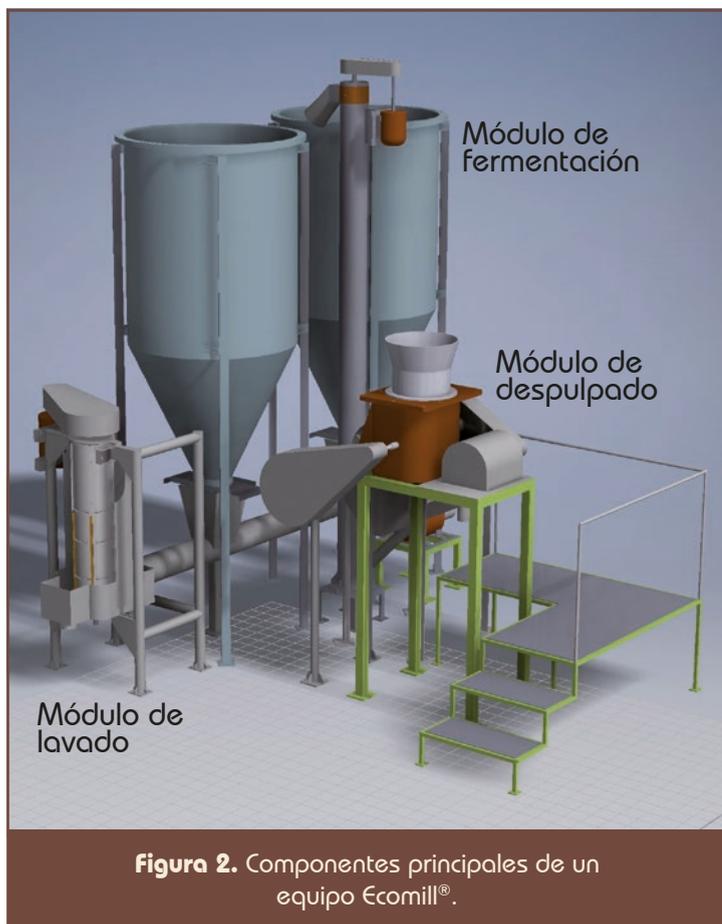


Figura 2. Componentes principales de un equipo Ecomill®.

Tabla 2. Costo de un tanque de fermentación de 1,5 m³ y porcentaje con relación al valor del equipo Ecomill® 500 en varias empresas autorizadas por la FNC (mayo, 2019).

Empresa	Valor del tanque	Porcentaje
	COP\$	%
A	4.500.000	29,0
B	4.500.000	29,3
C	5.400.000	32,4
D	5.870.000	31,5

como para facilitar su adopción, se construyó un tanque utilizando polietileno de densidad media virgen (Figura 4) y se evaluó el efecto del nuevo material en la calidad sensorial del café y el flujo de café a través de la descarga del tanque sin utilizar agua, como testigo se utilizó el tanque construido en acero inoxidable para la tecnología Ecomill® (Figura 4).

El tanque fabricado en polietileno de densidad media consta de una sección cilíndrica de 1,22 m de diámetro y 1,50 m de altura (volumen de 1,75 m³) y de una sección cónica con 60° de inclinación con relación a la horizontal, para facilitar la descarga del café en el punto de lavado¹ por gravedad y diámetro inferior de 0,23 m y altura de 0,80 m (volumen de 0,38 m³). La capacidad del tanque a plena carga es de 1,45 toneladas de café despulpado, teniendo en cuenta la densidad del café despulpado (Montilla *et al.*, 2008). En su parte inferior el tanque dispone de una compuerta con aberturas para permitir la salida del mucílago a medida que se degrada durante el proceso de fermentación y del café al momento de iniciar el lavado.

Los resultados del análisis descriptivo para el flujo de café a través de la descarga de cada uno de los tanques se presentan en la Tabla 5. El mayor flujo de café se obtuvo en el tanque fabricado en acero inoxidable 430; sin embargo, esto no constituye un limitante para el empleo de PEDM en tanques ya que el flujo de café observado es superior al flujo promedio de café requerido en el equipo Ecomill® 500 (625 kg h⁻¹ de café en “punto” de lavado).

En tanques fabricados en polietileno de densidad media con la geometría y dimensiones propuestas para la tecnología Ecomill® (Oliveros *et al.*, 2013) se obtuvo el flujo de café en “punto” de lavado por gravedad requerido para el Ecomill®500 de 625 kg h⁻¹. Para modelos de mayor capacidad como el Ecomill®1500 y Ecomill®3000 se obtienen valores de 1.875 y 3.750 kg h⁻¹ de café en el punto de lavado, respectivamente.

¹ Café en el “punto” de lavado se refiere al café cuyo mucílago se encuentra degradado y, por lo tanto, puede ser removido fácilmente con agua y agitación ligera, en más de un 95,0%.



Figura 3. Tanque para la fermentación del mucílago del café, tanque tina, utilizado en fincas colombianas.

Tabla 4. Comportamiento del polietileno de alta densidad (PEAD) con diferentes productos químicos.

Producto	Comportamiento
Ácidos	Muy resistente a ácidos débiles, menos resistente a ácidos fuertes.
Álcalis	Elevada resistencia tanto a álcalis fuertes como débiles.
Disolventes orgánicos	Resistencia media a los disolventes orgánicos.
Agua	Resistencia muy pobre frente a la oxidación a 500°C.
Ozono	Resistencia a la radiación ultravioleta.

Tabla 3. Propiedades del polietileno de densidad media (PEDM).

Propiedad	Valor	Estándar utilizado
Densidad (g.cm ⁻³)	0,940	ASTM D1505
Fluencia a la tensión (MPa)	18,0	ASTM D882
Rotura a la tensión (MPa)	29,0	ASTM D882
Elongación en rotura (%)	630	ASTM D882
Estabilidad térmica (°C)	>220	ASTM D3350



Figura 4. Tanques para la fermentación del mucílago del café fabricado en polietileno de densidad media (a) y en acero inoxidable AISI 430 (b).

Evaluación del tanque

En los ensayos se utilizó café cereza Variedad Castillo[®], beneficiado en la siguiente forma:

- ▶ Separación de flotes utilizando el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (Oliveros *et al.*, 2009).
- ▶ Despulpado utilizando la máquina Jotagallo No. 4½.
- ▶ Limpieza del café despulpado en zaranda circular construida en lámina troquelada con aberturas de 7,5 mm.
- ▶ Transporte del café despulpado hasta los tanques utilizando un tornillo sinfín.
- ▶ Empleo del Fermaestro[™] para determinar el punto de lavado del café (Peñuela *et al.*, 2013).

Para evaluar los tanques en acero inoxidable y en polietileno de densidad media (PEDM), en cada prueba se utilizaron 600 kg de café despulpado, asignando aleatoriamente 300 kg a cada uno. En cada tratamiento se realizaron 10 ensayos.

En la descarga de café en cada tanque se registraron tres lecturas de masa y de tiempo, y a partir de estos valores se obtuvo el flujo de café en masa y el promedio respectivo, para cada uno y en cada ensayo. Del café descargado de cada tanque se tomó una muestra de 5 kg, se lavó en un balde aplicando el método de los cuatro enjuagues (Zambrano e Isaza, 1994) y se secó hasta obtener un contenido de humedad del 10% al 12% (base húmeda) utilizando aire forzado con temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Las muestras secas se almacenaron durante 20 días en cuarto con promedios de temperatura y humedad relativa de aire de $19 \pm 1^\circ\text{C}$ y $68\% \pm 1\%$, respectivamente, hasta su evaluación en el panel de Cenicafé, utilizando la escala de SCA.

Calidad sensorial del café

En nueve ensayos utilizando el tanque fabricado en PEDM (64,3%) y en ocho ensayos con tanque de acero inoxidable (57,1%) se obtuvo café con puntaje igual o superior a 80 puntos, que corresponde a café de alta calidad en la escala de SCA. El mayor puntaje en SCA (83 puntos) se obtuvo en dos muestras utilizando el tanque fabricado en PEDM (Tabla 6).

En tres muestras extraídas del tanque fabricado en acero inoxidable (21,4%) se observaron los defectos terrosos, fermento e inmaduro, respectivamente. En

cuatro muestras tomadas del tanque en PEDM (28,6%) se observaron los defectos fermento, fenol y vinagre, respectivamente.

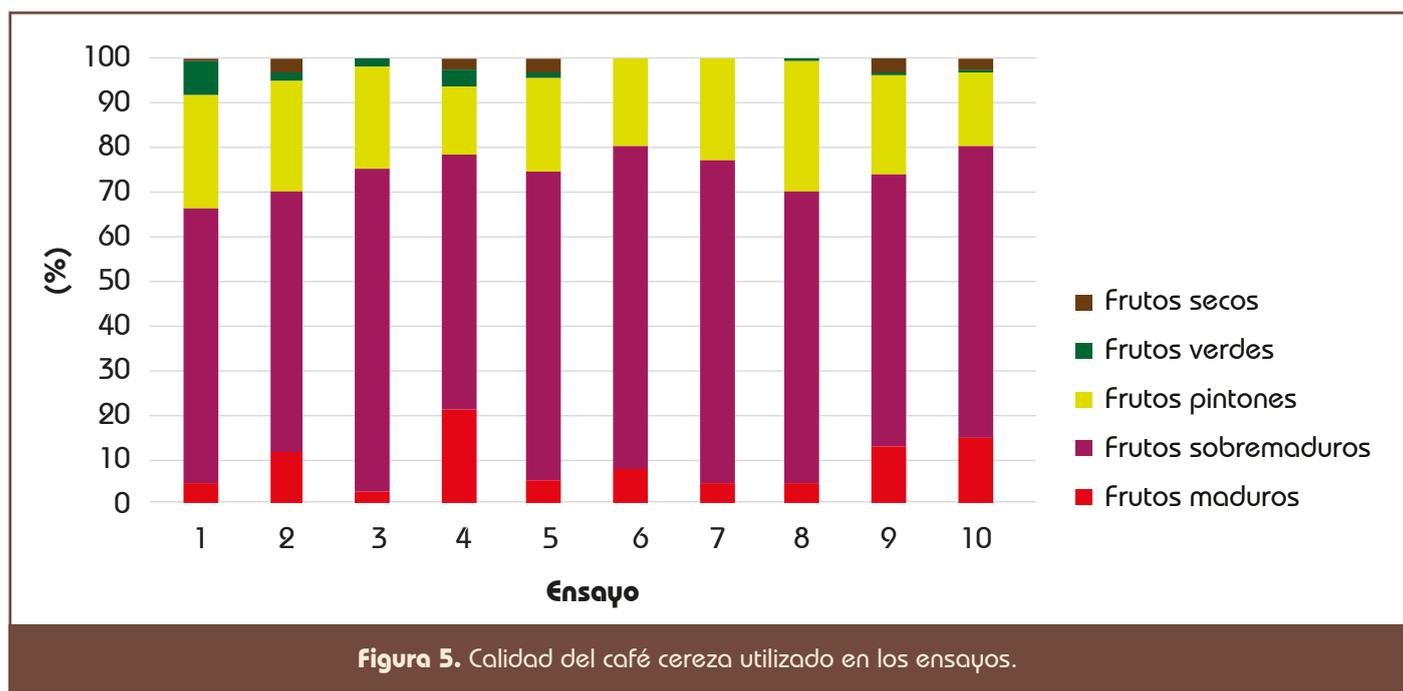
De acuerdo al análisis estadístico no se observó efecto del material utilizado en la fabricación del tanque en el puntaje total en la escala de SCA. La calidad del café cereza incide en la calidad sensorial del producto obtenido (Roa *et al.*, 1999) y como se observa en la Figura 7, la materia prima varió en su composición de frutos por estado de maduración, presentando bajo porcentaje de frutos maduros.

Tabla 5. Flujo promedio de masa de café en el punto de lavado, en la descarga de los tanques fabricados en acero inoxidable 430 y polietileno de densidad media (PEDM).

Parámetro	Acero inoxidable 430	Polietileno de densidad media (PEDM)
Promedio (t h ⁻¹)	63,4	41,3
Error estándar (t h ⁻¹)	3,6	2,2
Desviación estándar (t h ⁻¹)	13,3	8,1
Límite inferior, 95% (t h ⁻¹)	55,7	36,6
Límite superior, 95% (t h ⁻¹)	71,0	46,0

Tabla 6. Puntaje total en SCA para el café obtenido utilizando tanque de acero inoxidable 430 y polietileno de densidad media (PEDM).

Parámetro	Acero inoxidable 430	Polietileno de densidad media (PEDM)
Media	74,5	72,8
Mediana	80,3	80,5
Error estándar	3,4	3,7
Desviación estándar	12,1	13,4
Límite inferior, 95%	67,2	64,7
Límite superior, 95%	81,8	80,9



Reducción de costos

El tanque en PEDM con volumen de 1,75 m³ y capacidad para 1,45 toneladas de café despulpado tiene costo de \$1.800.000, a agosto de 2018. Con relación al costo promedio obtenido para tanques fabricados en acero

inoxidable de igual capacidad (1,5 m³) con un valor de \$ 5.067.500, se logra reducción del 63,3%. El costo específico del tanque de fermentación en PEDM es \$ 1.241.379/m³.

Conclusiones

El flujo de café en punto de lavado en la descarga del tanque construido en PEDM es inferior al observado en tanque construido en acero inoxidable AISI 430, sin embargo, esto no afecta su empleo teniendo en cuenta que el flujo promedio ($41,8 \text{ t h}^{-1}$) es notoriamente superior al máximo requerido por el equipo Ecomill® 500 ($0,63 \text{ t h}^{-1}$ de café en punto de lavado) y de otros modelos Ecomill® utilizados actualmente en beneficiaderos de mayor capacidad (máximo $6,0 \text{ t h}^{-1}$).

No se observó diferencia en la calidad sensorial del café por empleo de PEDM en la fabricación del tanque de fermentación.

Se espera una vida útil de los tanques de fermentación fabricados en polietileno de densidad media superior a 20 años.

Literatura citada

Giraldo D.; Veléz J. Estudio del desgaste por deslizamiento en seco de algunos plásticos. Revista Dyna año 2002, N° 136, pp. 11 – 20. Medellín, 2002.

Montilla P., J.; Arcila P., J.; Aristizábal L., M.; Montoya R., E.C.; Puerta Q., G.I.; Oliveros T., C.E.; Cadena G., G. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. Cenicafé 59(2): 120-142. 2008.

Oliveros T., C.E.; Sanz U., J.R.; Ramírez G., C.A. Tecnología para el lavado del café en fincas de pequeños productores Ecomill® LH300. 2017, 8p. (Avances Técnicos N° 486).

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. Cenicafé 65(1): 44-56. 2014.

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).

Oliveros T., C.E.; Sanz U., J.R.; Montoya R., E.C. Dispositivo hidráulico de bajo impacto ambiental para limpieza y clasificación del café en cereza. Cenicafé 60(3): 229-238. 2009.

Peñuela M., A.E.; Pabón U., J.P.; Sanz U., J.R. Método Fermaestro: Para determinar la finalización de la fermentación del mucílago del café. 2013, 8p. (Avances Técnicos N° 431).

Roa M., G.; Oliveros T., C. E.; Álvarez G., J.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R.; Álvarez H., J. R.; Dávila A., M. T.; Zambrano F., D. A.; Puerta Q., G. I.; Rodríguez V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1999.

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

Señor Caficultor

Con el tanque fabricado en polietileno de densidad media (PEDM) se puede reducir el costo del tanque de fermentación del equipo Ecomill® 500 hasta en 63,3%, sin afectar su funcionamiento y la calidad del café.

