

Manejo y aprovechamiento de las aguas residuales del lavado del café con la tecnología ECOMILL®

En la tecnología Ecomill®, se lava mecánicamente café con mucílago degradado en el proceso de fermentación natural y se utiliza en forma eficiente el agua, permitiendo una reducción notoria en el consumo específico (CEA) con relación a otras tecnologías de beneficio empleadas en Colombia (Tabla 1). Al disminuir el consumo de agua también se presenta una reducción en los volúmenes de aguas residuales (ARL) que deben ser tratadas para evitar daños a los ecosistemas, hasta 97,5% en relación con el agua residual generada en el canal del correteo, lo cual también contribuye a rebajar los costos de las plantas de tratamiento (Zambrano et al., 2011), adicionalmente, permite aplicar diversas alternativas para cumplir con la legislación ambiental vigente, relacionada con vertimientos.





Cenicafe
Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Carlos Eugenio Oliveros Tascón

Investigador Senior (hasta diciembre de 2019).
<https://orcid.org/0000-0002-6432-2557>

César Augusto Ramírez Gómez

Investigador Científico I.
<https://orcid.org/0000-0002-4773-4090>

Nelson Rodríguez Valencia

Investigador Científico III.
<https://orcid.org/0000-0003-0897-4013>

Juan Rodrigo Sanz Uribe

Investigador Científico III.
<https://orcid.org/0000-0001-9875-9426>

Carlos Alfonso Tibaduiza Vianchá

Asistente de Investigación.
<https://orcid.org/0000-0002-7053-0942>

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

DOI (Digital Object Identifier)
<https://doi.org/10.38141/10779/0538>

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafe

Diagramación

Ma. del Rosario Rodríguez Lara

Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

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) 8500707
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Tabla 1. Volumen de aguas residuales (ARL) y carga contaminante (Demanda química de oxígeno-DQO) para tecnologías empleadas en el lavado del café.

Tecnología de beneficio de café	Consumo específico de agua	Volumen de ARL	DQO
	L kg ⁻¹ de cps*	L kg ⁻¹ de cps	mg L ⁻¹
Canal de correteo	20,0-25,0	20,8-25,8	4.600-5.800
Bomba sumergible	6,5-9,0	7,3-9,8	13.000-18.000
Canal semisumergido	6,5-8,0	7,3-8,8	14.000-18.000
Tanque Tina	4,0-5,0	4,8-5,8	23.000-29.000
Becolsub	0,7-1,0	1,5-1,8	82.000-105.000
Ecomill®	0,3-0,5	1,1-1,3	130.000-165.000

*cps: café pergamino seco

A medida que disminuye el consumo específico de agua en el lavado del café aumenta la concentración de la materia orgánica contaminante de las aguas residuales, medida como DQO¹ (Figura 1), por lo cual se requieren estrategias para su manejo, que sean fácilmente aplicables en las fincas, de bajo costo y alta efectividad.

Para el tratamiento de las ARL generadas en tecnologías como el canal de correteo, bomba sumergible, canal semisumergido y tanque tina, una alternativa es utilizar los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA), con los cuales se remueve del 80% al 90% de la carga orgánica (Rodríguez et al., 2015; Zambrano & Cárdenas, 2000).

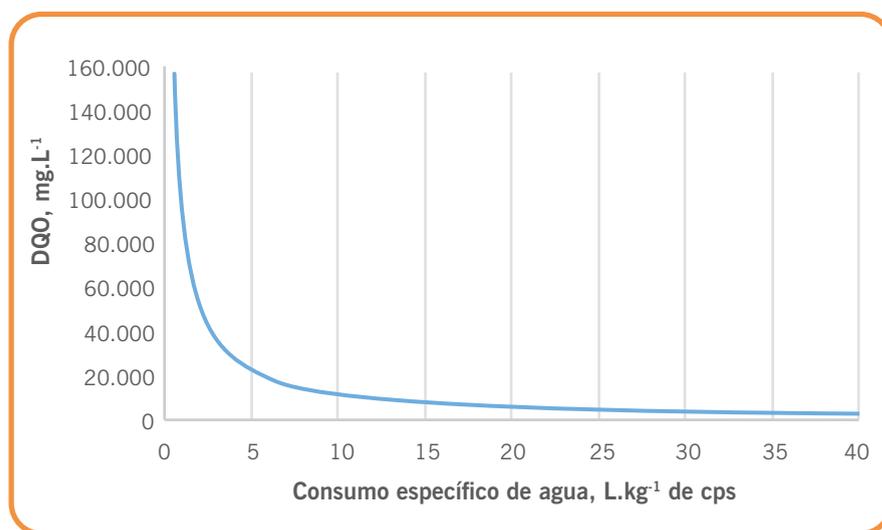


Figura 1. Concentración de materia orgánica contaminante, en términos de DQO, en las aguas residuales del lavado del café para diferentes consumos específicos de agua.

¹DQO: Demanda química de oxígeno. Se refiere a la masa de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica presente en el agua.

Para la tecnología Becolsub, una posibilidad es mezclar el conjunto mucílago-agua con la pulpa de café utilizando un tornillo sinfín (Figura 2), controlando de esta forma el 90% de la contaminación generada durante el lavado (Roa et al., 1999). Los lixiviados resultantes pueden recircularse, aplicándolos de nuevo mediante riego sobre la pulpa almacenada en el procesador y repetir el procedimiento hasta el agotamiento de los mismos, o los residuos líquidos pueden llevarse a un sistema de tratamiento anaerobio (Zambrano & Cárdenas, 2000) o a un sistema de secado mecánico o solar (Ramírez, 2011; Ramírez et al., 2015).



Figura 2. Adición a la pulpa de aguas de lavado del café. Con tornillo sinfín, con tecnología Becolsub.



Figura 3. Secado solar de aguas residuales de lavado del café, generadas con la tecnología Ecomill®.

Para las mieles generadas en la tecnología Ecomill®, una opción es secarlas (Figura 3) hasta niveles del 12% al 15% de humedad utilizando energía solar (Oliveros et al., 2013; Ramírez et al., 2015; Sanz et al., 2013), los resultados de las investigaciones realizadas en Cenicafé permitieron determinar que se requiere 1,0 m² de secador para deshidratar, en 5 a 9 días, 12 litros de mieles generadas por la tecnología Ecomill® (Sanz et al., 2013). Otra alternativa es adicionar las mieles a la pulpa, utilizando un tornillo sinfín, en forma similar al Becolsub y mediante aspersión (Oliveros et al., 2014), como se observa en la Figura 4.

Para las ARL resultantes con la tecnología Ecomill® en mezcla con la pulpa de café, se requiere conocer la relación pulpa:ARL, que permita alcanzar la mayor retención de ARL y la tecnología apropiada para su aplicación. En este Avance Técnico se da respuesta a las preguntas anteriores.

Relación pulpa de café y aguas residuales del lavado (ARL)

En Cenicafé se evaluaron tres relaciones de pulpa y ARL de Ecomill® (Cenicafé 2018, p. 108), considerando el



Figura 4. Adición de aguas de lavado del café a la pulpa, mediante riego, con tecnología Ecomill®.

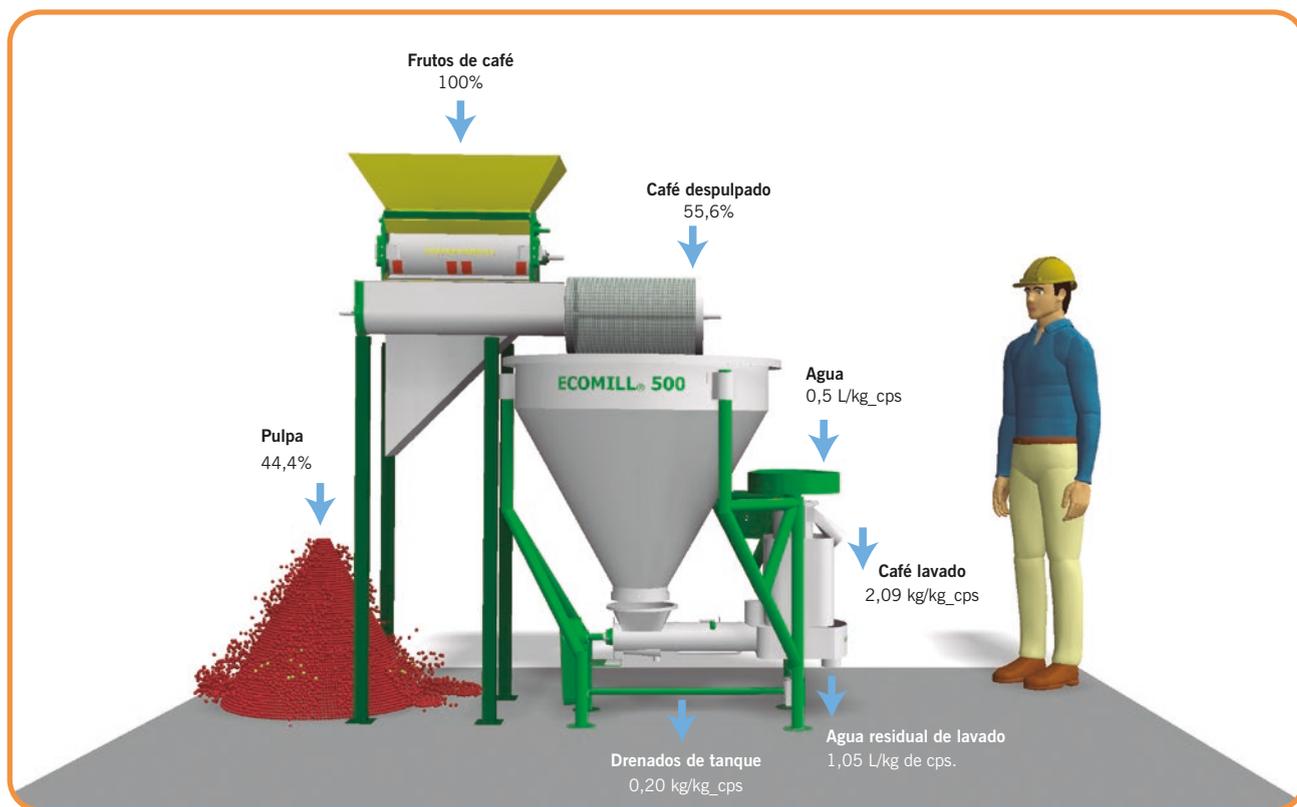


Figura 5. Balance de masa para el proceso de beneficio utilizando la tecnología Ecomill®.

balance de masa que se presenta al utilizar la tecnología Ecomill® (Figura 5), los factores de conversión café cereza a café pergamino seco (Montilla et al., 2008) y el consumo específico de agua en la tecnología Ecomill® (Oliveros et al., 2013; Oliveros et al., 2011). La mezcla pulpa-ARL se realizó en forma manual y luego se depositó en contenedores con columnas en guadua y paredes construidas en segmentos de guadua, ubicados bajo una estructura con cubierta plástica para

protegerlos de la lluvia. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Después de 24 h de aplicación a la pulpa no se observó diferencia entre los tratamientos evaluados, con promedios entre 83,3% y 89,2%, de retención de ARL en la pulpa de café (Tabla 2), valores superiores a los reportados para la tecnología Becolsub (Roa et al., 1999).

Tabla 2. Porcentaje de retención en pulpa de café de aguas de lavado de Ecomill®, 24 h después de su aplicación.

Parámetro	Relación pulpa:ARL (kg L ⁻¹)		
	2,0:1,0	2,5:1,0	3,0:1,0
Media	83,3	85,6	89,2
Desviación estándar	3,5	4,5	5,3
Máximo	89,8	92,3	95,9
Mínimo	79,1	80,4	80,0

Tecnología para la aplicación a la pulpa de las ARL

Se evaluó el efecto de dos tecnologías, tornillo sinfín y bomba sumergible, en la retención en la pulpa de ARL de Ecomill® (Oliveros, 2018). No se observó efecto de las tecnologías empleadas en la retención de ARL en pulpa de café. Con el empleo del tornillo sinfín en las primeras 24 horas se retuvo en promedio el 73,0% y con aspersión a la pulpa se retuvo en promedio 65,6% (Tabla 3).

Los drenados resultantes de cada tratamiento (lixiviados) se recogieron a las 24, 29, 32, 33, 34 y 35 h y se adicionaron manualmente a la pulpa, utilizando

una regadera de jardín, observando que al adicionar a la pulpa los drenados se logra a las 35 h la retención del 100% de las ARL aplicadas inicialmente a la pulpa (Figura 6), evitando la producción de vertimientos por las aguas de lavado del café.

Teniendo en cuenta que se obtiene igual retención de ARL con las dos tecnologías de aplicación, se considera que la bomba sumergible es más adecuada para la aplicación de ARL a la pulpa de café, por su flexibilidad para adaptarse a las condiciones de los beneficiaderos (distancias, cambios de dirección), capacidad de descarga y menor costo, entre otros aspectos. Los equipos Ecomill® deben operarse con el caudal de agua recomendado, según el modelo (Oliveros et al., 2013).

Tabla 3. Retención en pulpa de café de aguas de lavado de Ecomill® (ARL), 24 h después de la aplicación, utilizando aspersión con bomba o tornillo sinfín.

Parámetro	Bomba	Tornillo sinfín
Media (%)	65,6	73,0
Desviación estándar (%)	5,2	5,3
Máximo (%)	72,0	78,0
Mínimo (%)	60,0	64,0

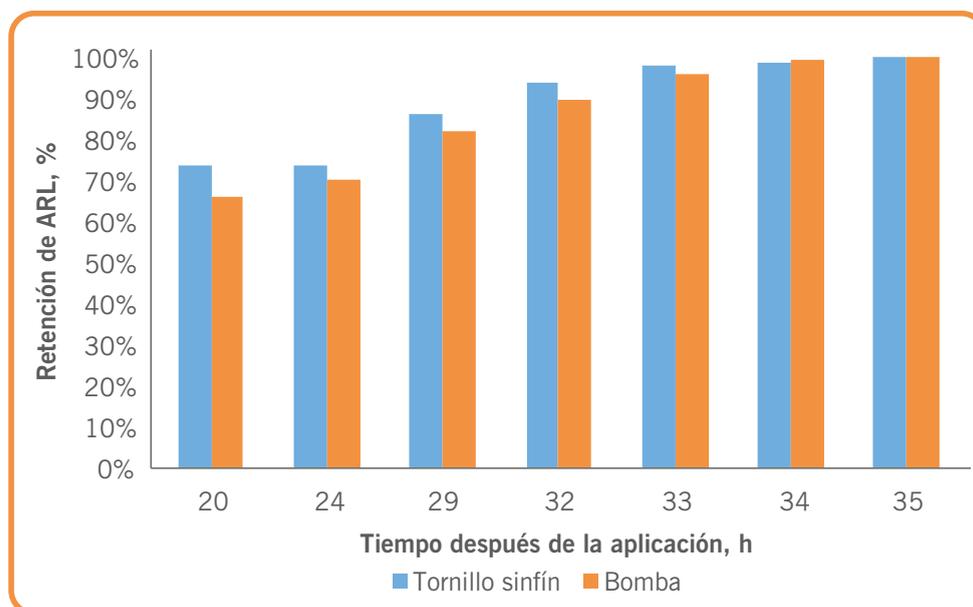


Figura 6. Retención de aguas residuales de lavado (ARL) de café con la tecnología Ecomill® utilizando aspersión con bomba y con tornillo sinfín de los drenados producidos.

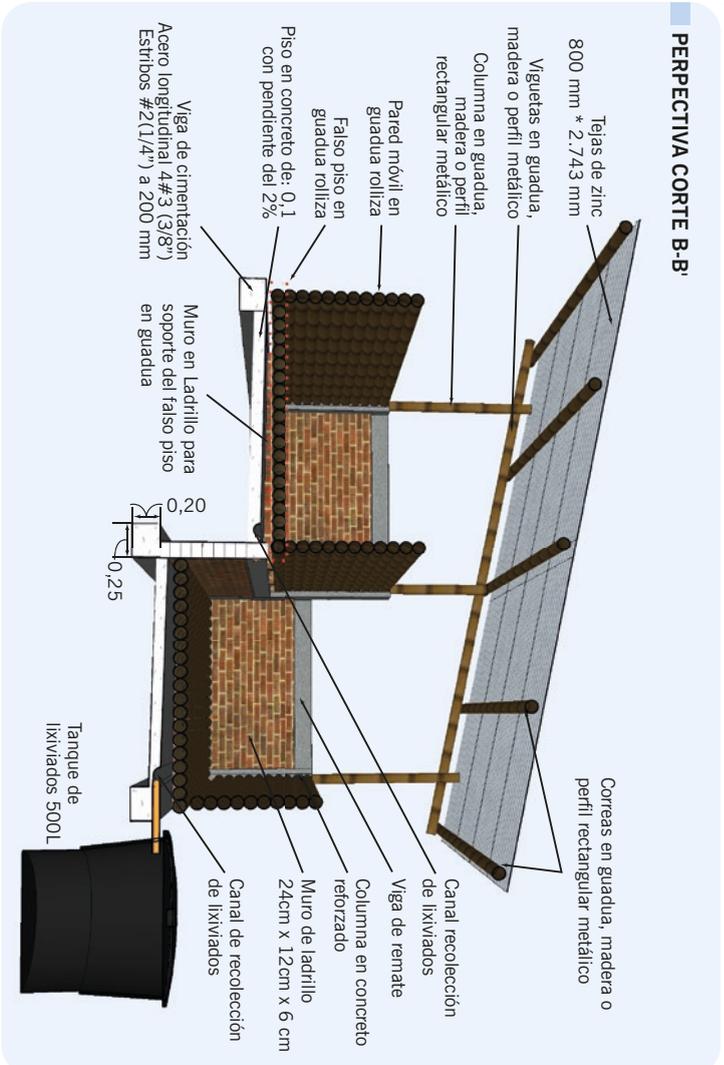
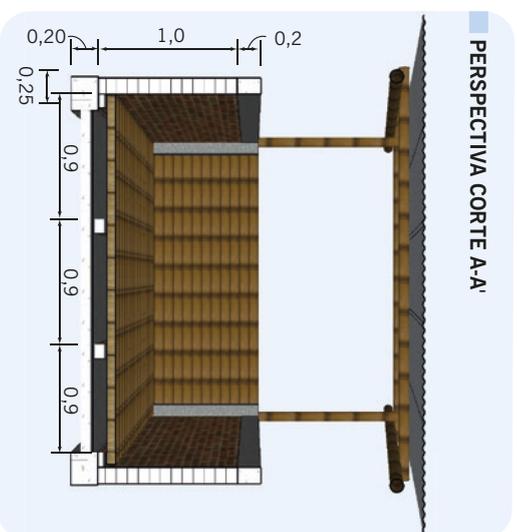
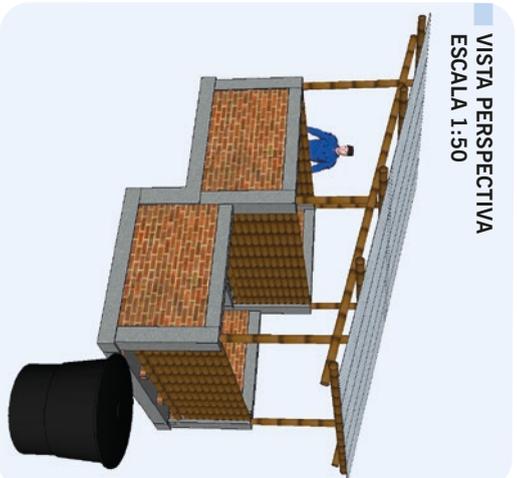
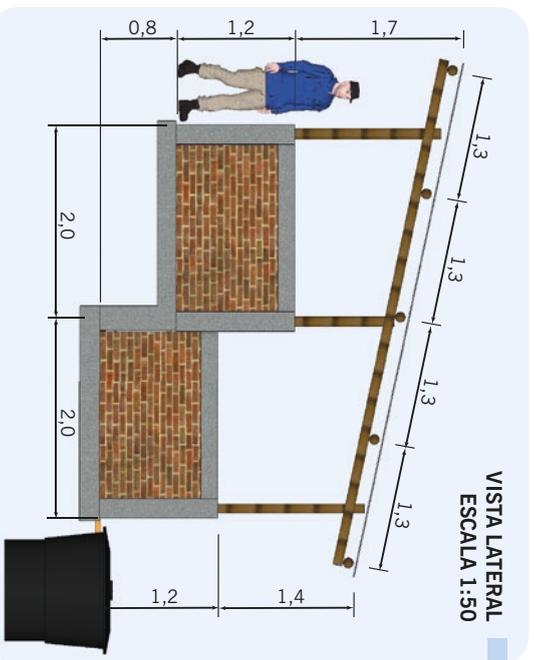
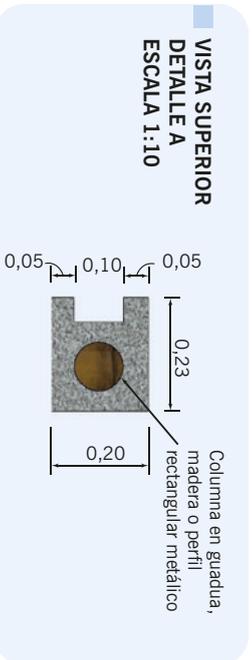
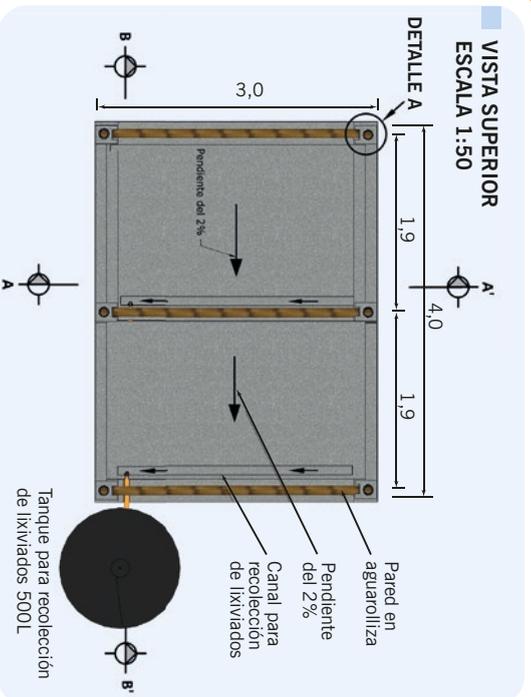


Figura 7. Procesador de pulpa y mucilago diseñado para adicionar a la pulpa las RRL de Ecomill® utilizando una bomba sumergible.

Para aplicar las ARL de la tecnología Ecomill® a la pulpa utilizando la bomba sumergible se recomienda:

1. Descargar las ARL en un tanque o en varios tanques, según la capacidad del equipo y la masa de café a lavar. El volumen mínimo del tanque puede estimarse considerando la masa de café en cereza recibida en la semana pico y el caudal de agua utilizado en el equipo Ecomill®, en promedio se generan 250 L de ARL (mucílago fermentado + agua adicionada) por tonelada de café cereza.
2. Disponer de un procesador de pulpa con el volumen apropiado para recibir la pulpa de la semana pico, en el cual se aplican las ARL a la pulpa. Se recomienda que el procesador de pulpa tenga todas las paredes recubiertas con plástico (tipo invernadero para aumentar la retención de las ARL) y disponga de un piso impermeabilizado y con la pendiente apropiada, que permita la conducción de los fluidos que no sean retenidos por la pulpa después de las primeras horas de aplicación (drenados), sin que se infiltren en el suelo, hasta un tanque con el 50% de su volumen dispuesto para recibir las ARL. En la Figura 7 se presenta un sistema para procesamiento de pulpa y mucílago diseñado para este propósito.
3. Asperjar diariamente las ARL sobre la pulpa contenida en el procesador. Puede realizarse utilizando una manguera flexible de 5,08 cm (2") de diámetro (Figura 8).
4. Aplicar a la pulpa del procesador los fluidos recogidos en el tanque destinado a los drenados, utilizando la bomba sumergible o una regadera de jardín según el volumen.
5. Después de que la pulpa haya retenido todas las ARL, debe iniciarse el proceso de compostaje, en el mismo procesador o en el sitio asignado en la finca, para obtener el abono orgánico para los diferentes usos en la finca.

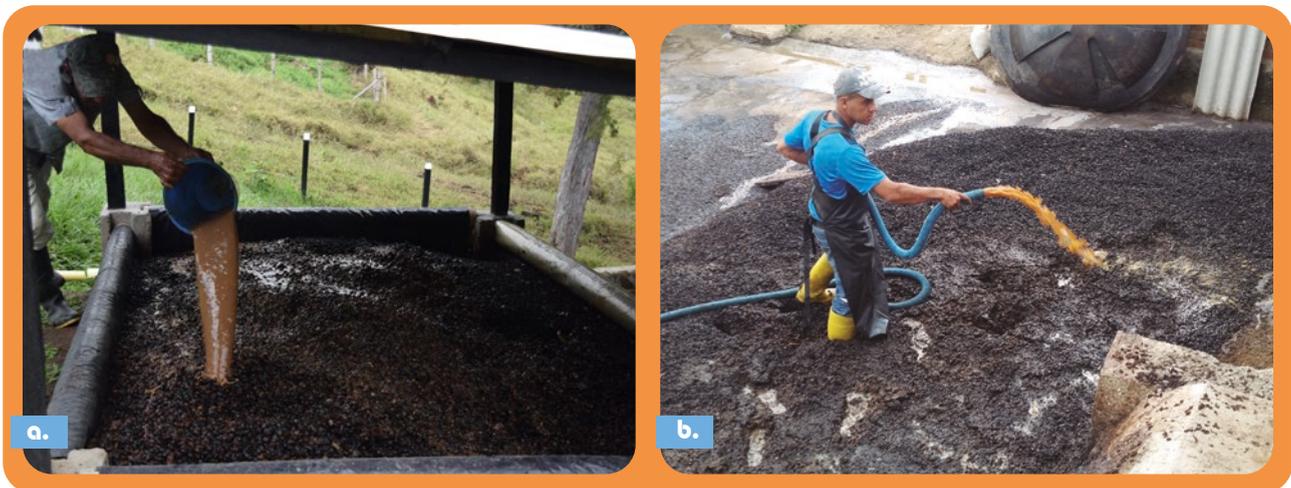


Figura 8. Aplicación de ARL a la pulpa. En forma manual (a) y utilizando una bomba sumergible (b)

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de las disciplinas de Biometría y Experimentación, y la colaboración del Señor Javier Velásquez.

Literatura citada

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2018). *Informe Anual Cenicafé 2018*. <https://doi.org/10.38141/10783/2018>

Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E. C., Puerta, G. I., Oliveros, C. E., & Cadena, G. (2008). Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Revista Cenicafé*, 59(2), 120–142. <http://hdl.handle.net/10778/59>

Oliveros, C. E., Tibaduiza, C. A., Montoya, E. C., Sanz, J. R., & Ramírez, C. A. (2014). Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café en proceso con fermentación natural. *Revista Cenicafé*, 65(1), 44–56. <http://hdl.handle.net/10778/543>

Oliveros, C. E., Sanz, J. R., Ramírez, C. A., Tibaduiza, C. A. (2013). ECOMILL®: tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 432, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/500>

Oliveros, C. E., Sanz, J. R., Montoya, E. C., Ramírez, C. A. (2011). Equipo para el lavado ecológico del café con mucílago degradado con fermentación natural. *Revista de Ingeniería*. 33(1), 61–67. <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/180/134>

Ramírez, C. A. (2011). *Disminución del impacto ambiental en la tecnología BECOLSUB, mediante la evaporación de lixiviados* [Tesis de Maestría]. Universidad de Manizales.

Ramírez, C. A., Oliveros, C. E., Sanz, J. R. (2015). Manejo de lixiviados y aguas de lavado en el proceso de beneficio húmedo del café. *Revista Cenicafé*, 66(1), 46–60. <http://hdl.handle.net/10778/608>

Roa, G., Oliveros, C. E., Álvarez, J., Ramírez, C. A., Sanz, J. R., Álvarez, J. R., Dávila, M. T., Zambrano, D. A., Puerta, G. I., & Rodríguez, N. (1999). *Beneficio ecológico del café*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/882>

Rodríguez, N., Sanz, J. R., Oliveros, C. E., Ramírez, C. A. (2015). *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*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/659>

Sanz, J. R., Oliveros, C. E., Ramírez, C. A., Peñuela, A. E., & Ramos, P. J. (2013). Proceso de beneficio. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Ed.), *Manual del cafetero colombiano: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 3, pp. 9-47). Cenicafé.

Zambrano, D. A., & Cárdenas, J. (2000). Manejo y tratamiento primario de lixiviados producidos en la tecnología BECOLSUB. *Avances Técnicos Cenicafé*, 280, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/4207>

Zambrano, D. A., Rodríguez, N., & López, U. (2011). Construya su tanque tina para la fermentación y el lavado del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 408, 1–4. <http://hdl.handle.net/10778/4208>

Señor caficultor:

Recuerde

Revisar que el caudal de agua suministrado al Ecomill® esté en el rango recomendado para cada modelo.

Las aguas residuales del lavado con Ecomill® pueden aplicarse a la pulpa utilizando el tornillo sinfín, la bomba sumergible o una regadera de jardín.

Los drenados que se recojan se aplican nuevamente a la pulpa hasta lograr la retención total.

La pulpa mezclada con las ARL debe continuar el proceso de compostaje para obtener el abono orgánico que se emplea en la finca.

