



Desarrollo de la tecnología BECOLSUB para el Beneficio ecológico del café

Gonzalo Roa-Mejía*, Carlos Eugenio Oliveros-Tascón**, Juan Rodrigo Sanz-Uribe***, José Álvarez-Gallo***, César Augusto Ramírez-Gómez***, Jairo Rafael Álvarez-Hernández**



Premio Nacional de Ecología PLANETA AZUL 1996-1997

Figura 1. Módulo BECOLSUB 1000, con capacidad para procesar 1000 kg de café cereza por hora, construido en Cenicafé.

El beneficio húmedo del café es reconocido como uno de los factores que da origen a los cafés de alta calidad física y de la bebida. El proceso tradicionalmente realizado en las fincas genera dos subproductos: pulpa y mucílago. Éstos, al ser puestos en contacto con el agua, causan una contaminación de 114,0 g de DQO/kg de cereza, si se utilizan consumos específicos de agua de 50 L/kg de cereza (14). Cuando se despulpa sin agua y se transporta la pulpa por medios no hidráulicos se logra reducir la contaminación potencial en 74% (1, 14). El 26% de la contaminación restante (29,6 g de DQO/kg de cereza) es causada por el mucílago.

La tecnología BECOLSUB (Beneficio ECOLógico del café y de los SUBproductos) (Figura1), se desarrolló en Cenicafé, para obtener cafés de alta calidad física y de la bebida (8) y además, controlar la contaminación potencial de las fuentes de agua ocasionada por la pulpa y el mucílago, manteniendo o aumentando los ingresos del caficultor (2, 9).

- * Investigador Principal I, Ingeniería Agrícola, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
 ** Investigador Científico III, Ingeniería Agrícola, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
 *** Asistente de Investigación, Ingeniería Agrícola, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

En la tecnología BECOLSUB se integran desarrollos de investigación como el despulpado sin agua, el desmucilaginado mecánico con bajo consumo específico de agua en desmucilagadores de flujo ascendente DESLIM y el manejo de los subproductos pulpa y mucílago con tornillo sinfín (1, 2, 9, 10) (Figura 2).

Con la tecnología BECOLSUB se obtienen entre otras, las siguientes ventajas:

- **Reducción** de más del 90% de la contaminación generada en el proceso.
- **Disminución** del consumo específico de agua a menos de

1,0 L/kg de café pergamino seco.

- **Control** del proceso, al evitar daños de la calidad en taza del café, por irregularidades que pueden ocurrir en la etapa de fermentación.
- **Mejor utilización** de los secadores, al poder iniciar el proceso el mismo día de la recolección.
- **Ingresos adicionales**, debido a que mejora la conversión cereza/pergamino seco **hasta un 5%**, y por el aprovechamiento del mucílago y la pulpa en la producción de proteína y abono orgánico, mediante la

acción de la lombriz roja californiana (2).

- **Reducción** en el tamaño y costo de la infraestructura requerida para el beneficio.
- **Disminución** en la cantidad de mano de obra para el beneficio del café.
- **Menor daño** del grano producido por las despulpadoras, debido al complemento o repase del café no despulpado en el desmucilagador, lo que permite aumentar la tolerancia o mayor espacio entre los pecheros y la camisa de la despulpadora.



Figura 2. El módulo BECOLSUB integra diferentes desarrollos obtenidos por Cenicafé mediante la investigación científica.

Desarrollo de la tecnología BECOLSUB



Figura 3. Agitador del módulo DESMULACLA diseñado y construido en Cenicafé.

Los estudios encaminados al desarrollo de un nuevo proceso de beneficio húmedo del café se iniciaron en 1984. Se partió de las experiencias obtenidas en Centroamérica con la tecnología DEMUCIL, en la cual se combinaba la acción mecánica con la enzimática. En pruebas preliminares realizadas en **Cenicafé** se observó que el desprendimiento del mucílago se debía principalmente a la agitación. Con base en estos resultados se construyó el primer prototipo denominado DESMULACLA (**DESMU**cilaginador, **LA**vador, **CLA**sificador, Figura 3).

Los resultados obtenidos con el DESMULACLA no fueron satisfactorios, debido principalmente al tiempo requerido para la remoción del 95% de mucílago (más de 30 minutos), alto daño mecánico (mayor del 3,0%) y alto consumo específico de agua (mayor que 3,0 L/kg de c.p.s.) (7).

Para superar las limitaciones observadas con el prototipo DESMULACLA se construyó en 1987 el desmucilagador CENICAFÉ B-I, el cual constaba de un rotor de múltiples barras (Figura 4), colocado en el centro de una cámara de 15,4 cm de diámetro. En la pared interior de la cámara también se disponía de barras que actuaban como deflectoras. El equipo accionado por un motor de 0,74 kW (1,0 HP) operaba en tandas de 4,5 kg de café. Con el CENICAFÉ B-I se logró remover el 95% del mucílago en 6 minutos, con notoria reducción en el daño mecánico y en el consumo específico de agua (7). Con base en los resultados obtenidos con el prototipo CENICAFÉ B-I se construyó en 1989 un equipo de mayor capacidad estática (para 40 kg de café en baba), denominado CENICAFÉ B-II, el cual se operó inicialmente por tandas y luego fue modificado por Sanz (12) en 1991 para operar en forma



Figura 4. Desmucilagador CENICAFÉ B-I

continua (equipo CENICAFÉ C-I, Figura 5). Las reformas consistieron en la instalación de un tornillo sinfín en la parte inferior del desmucilagador, inclinado 35° con relación a la horizontal, el cual permitía controlar el tiempo de residencia en el desmucilagador y lavar el café en flujo ascendente.

Con el equipo CENICAFÉ C-I se lograron importantes progresos en desmucilagado mecánico: obtener de manera continua mayor rendimiento, menor consumo específico de agua y menor daño mecánico. Sin



Figura 5.
Desmucilagador
CENICAFÉ-C-I.

embargo, el requerimiento específico de potencia era superior al reportado por Fukunaga (6), 1,80 W/(kg de café en baba/h), y la eficacia de desmucilagado era inferior al 95%. Con el equipo CENICAFÉ C-II, con rotor y carcasa de menor diámetro y mayor longitud que los del CENICAFÉ C-I, construido en 1992 y posteriormente con el repasador COLMECANO, adaptado para el desmucilagado del café en 1993 (12), se construyó el primer módulo compacto para beneficiar café por la vía húmeda, denominado DESMULAC (**DESMU**cilagador, **LA**vador, **CL**asificador, Figura 6). Los promedios de los resultados obtenidos con los equipos

CENICAFÉ C-I, CENICAFÉ C-II y DESMULAC se presentan en la Tabla 1.

El módulo DESMULAC constaba de dos despulpadoras de cilindro horizontal operadas sin agua, con capacidad de 1.200 kg de cereza/h cada una, un desmucilagador COLMECANO de flujo descendente de café inclinado 30° con relación a la horizontal, el cual descargaba a un lavador de paletas horizontal. El lavado y la limpieza del café se complementaban en un canal semi-sumergido. La pulpa y parte del mucílago eran mezclados con un tornillo sinfín de 101 mm de diámetro y 101 mm de paso (10).



Figura 6. Módulo
DESMULAC
desarrollado en
Cenicafé.

TABLA 1. Desempeño comparativo de desmucilagadores mecánicos desarrollados en Cenicafé, Chinchiná, Caldas.

Característica	CENICAFÉ C-I	CENICAFÉ C-II	DESMULAC
Potencia W/(kg de café bab/h)	2,90	2,51	2,08
Consumo de agua* L/kg de café seco	1,0	---	2,75
Daño mecánico, %	1,19	2,70	1,04

* Agua empleada en el desmucilagador solamente.

Los resultados obtenidos por Ramírez (10) en la evaluación del módulo DESMULAC mostraron que al mezclar el mucílago con la pulpa se podía controlar más del 85% de la contaminación generada en el proceso, al lograr que parte del efluente líquido (más del 50%) y de las partículas presentes en éste, fueran retenidos en el lecho de pulpa (más del 50%). Con la tecnología DESMULAC propuesta, solamente una parte del mucílago, la más viscosa, se podía mezclar con la pulpa. La tecnología DESLIM (9), terminada en 1995 partiendo de los trabajos realizados en Cenicafé y por Fukunaga (6), permitió desmucilaginar, lavar y limpiar el café en un solo equipo, utilizando consumos específicos de agua entre 0,7 y 1,0 L/kg de c.p.s. De esta forma se logró obtener mieles altamente viscosas que se pudieron mezclar en su totalidad con la pulpa, lográndose retenciones del líquido efluente, hasta del 70%, y la reducción de más del 90% de la contaminación generada por el proceso de beneficio.

Con el equipo DESLIM se simplificó notoriamente el módulo DESMULAC (se eliminó el lavador y el canal semisumergido, se disminuyó el tamaño de la estructura requerida para soportar las máquinas y se redujo el consumo específico de agua de 3,6 a menos de 1,0 L/kg de c.p.s.). Este desarrollo originó el módulo BECOLSUB (registro de patente Nro. 95031744, en Colombia, y clasificación internacional Nro. 23N12-00, a nombre de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Figura 7). El primer sistema comercial de beneficio ecológico BECOLSUB funcionó en la Central de Beneficio Ecológico de Anserma, Caldas, en donde se instaló inicialmente el módulo DESMULAC, que al evaluarse comercialmente indicó la necesidad de refinar la tecnología, hasta obtener el módulo BECOLSUB.

Gracias a las ventajas que ofrece su diseño compacto, relativo bajo peso y especialmente el bajo consumo específico de agua, el



Figura 7. Módulo BECOLSUB 3.000 construido en CENICAFÉ.

módulo BECOLSUB también ha permitido descentralizar el beneficio y llevarlo hasta puntos de acopio de café cereza en el campo (Figura 8). El BECOLSUB 600 móvil, accionado por un motor de combustión interna de 8,0 HP, ha mostrado en condiciones de campo todas las bondades observadas en la nueva tecnología de beneficio ecológico del café, especialmente: control de más del 90% de la contaminación, consumo específico de agua inferior a 1,0 L/kg de c.p.s. y excelente calidad física del café (11).



Figura 8. BECOLSUB 600 móvil, construido en Cenicafé, operado en el campo.

Características físicas del módulo BECOLSUB

El módulo BECOLSUB consta de un ensamblaje, en una misma estructura y con un mismo sistema motor, de una máquina despulpadora que despulpa sin agua, un desmucilagador mecánico de flujo ascendente DESLIM y un sistema de tornillo sinfín, dispuesto de tal forma que permite transportar y, simultáneamente, mezclar la pulpa y el mucílago resultantes del proceso (5).

Existen tres modelos de módulos BECOLSUB para capacidades de 600, 1.000 y 3.000 kg de café cereza por hora (c.c./h), con zaranda para café despulpado, o sin ésta (Figura 9).

Las despulpadoras instaladas en los módulos BECOLSUB, deben operar sin agua y tener la capacidad suficiente para abastecer el equipo DESLIM, así: para el mode-

lo 600, la capacidad de la despulpadora debe estar entre 500 y 600 kg de c.c./h; para el modelo 1.000, entre 800 y 1.000 kg de c.c./h; y para el modelo 3.000 la capacidad de despulpado debe estar entre 2.000 y 3.000 kg de c.c./h.

Para cumplir con los consumos específicos de agua mencionados, la aplicación del agua en el desmucilagador debe ser 1,6 y 1,8 L/min, para el módulo pequeño, 2,7 a 3,0 L/min para el mediano y entre 8 y 9 L/min para el módulo grande (4).

Para el mejor desempeño estos flujos de agua se deben suministrar, en los módulos pequeño y mediano por dos entradas localizadas una en la tapa superior y la segunda en la parte media de la zona de desmucilagado, así 2/3 del total en la superior y el resto en la segunda. Para el módulo grande se tienen tres entradas de agua una en la tapa superior y las otras equidistantes en la zona de desmucilagado, suministrando el total del agua en partes iguales por cada entrada.

Con el fin de ganar altura en la descarga, los módulos BECOLSUB tienen un transportador de tornillo sinfín con una inclinación de 30° con respecto al horizonte. El diámetro de este sistema de transporte depende de la capacidad del módulo: para los modelos 600 y 1.000, el diámetro recomendado es de 76,2 mm (3") y para el módulo 3.000 de 107 mm (4"), (13).

La estructura principal de los módulos 600 y 1.000 está confor-



Figura 9. Módulo BECOLSUB 600 con zaranda construido por la industria privada con base en el diseño de Cenicafé.

mada por dos pórticos separados 590 mm, en tubería metálica para conducciones eléctricas ("conduit") de 60 mm de diámetro exterior (2") o en un material con características mecánicas similares, y tienen bases planas en lámina "hot rolled", HR, de 6,35 mm (1/4") de espesor, para que puedan ser fijados al piso. La estructura para el módulo de 3.000 kg de c.c./h depende del sistema de despulpado, que puede diseñarse con dos máquinas despulpadoras de cilindro horizontal de alta capacidad, una máquina de cilindro vertical o una máquina de doble disco (5).

Para obtener una mejor eficiencia en la transmisión de potencia y para utilizar sistemas diferentes a motores eléctricos en los lugares donde la energía eléctrica es deficiente o no existe, los módulos BECOLSUB fueron diseñados para ser trabajados con un solo sistema motor (Figura 10). También esta característica es fundamental en los módulos BECOLSUB móviles.

El sistema de transmisión de potencia con un solo sistema motor (eléctrico, motor de gasolina, etc.) se logra con una reducción de velocidad entre éste y el desmucilagador mecánico, que debe girar a 870 rpm, aproximadamente. Aprovechando la relativa baja velocidad que se tiene en el eje del desmucilagador, se hizo otra reducción de velocidad entre éste y la despulpadora, que debe girar a 180 rpm aproximadamente, y entre la despulpadora y el tornillo sinfín, que debe girar a 180 rpm aproximadamente. Como los ejes de estas tres máquinas no son paralelos, las transmisiones de

potencia entre éstos se realizan con bandas de sección circular de Polycord® de 15 mm de diámetro (Figura 10), utilizando poleas "locas" para este tipo de transmisión en los cambios de dirección

(5) (Figura 11a). El sistema de transmisión de potencia descrito también ha funcionado bien con bandas trapezoidales, (Figura 11b), que pueden ser sustituidas más fácilmente.



Figura 10. Transmisión de potencia en un módulo BECOLSUB.



a



b

Figura 11. Cambios de dirección con bandas redondas (a) y en bandas trapezoidales (b) en un módulo BECOLSUB.

La invención del módulo BECOLSUB permite:

- Beneficiar y producir café de alta calidad sin contaminar las aguas.
- Disminuir y mejorar la contabilidad de los cafeteros.
- Transformar los subproductos contaminantes en abono orgánico y en proteína animal.
- Transportar y ubicar el beneficiadero en el lugar más adecuado de la finca.

LITERATURA CITADA

1. ÁLVAREZ G., J. Desulpado del café sin agua. Chinchiná, Cenicafé, 1.991. 6p. (Avances Técnicos Nro. 164).
2. DÁVILA M. T.; RAMÍREZ G., C. A. Lombricultura en pulpa de café. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 12p. (Avances Técnicos Nro 225).
3. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Beneficio ecológico del café, una opción rentable Chinchiná, Cenicafé-Programa de Postcosecha, 1.996. 83p. (Mimeografiado).
4. ———. Normas para la construcción de desmucilaginosos mecánicos "DESLIM". Chinchiná, Cenicafé-Programa de Postcosecha, 1.996. 12p. (mimeografiado).
5. ———. Normas para la construcción de módulos "BECOLSUB" con capacidad para 1.000 kg de café cereza por hora. Chinchiná, Cenicafé-Programa de Postcosecha, 1.996. 12p. (Mimeografiado).
6. FUKUNAGA, E. T. New mechanical coffee demucilaging machine. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin 115, 1957.
7. OLIVEROS T., C.E. Desmucilaginado mecánico del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. CHINCHINÁ. Informe anual de labores de la Disciplina de Ingeniería Agrícola 1988-1989. Chinchiná, Cenicafé, 1989. 15 p. (Mecanografiado)
8. OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. El desmucilaginado mecánico del café. Chinchiná, Cenicafé, 1.995. 8p. (Avances Técnicos Nro. 216).
9. OLIVEROS T., C. E.; SANZ U., J. R.; RAMÍREZ G., C. A.; ÁLVAREZ H.; J. R.; ROA M.; G.; ÁLVAREZ G.; J. Desmucilaginosos mecánicos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1.995. 4p. (Avances Técnicos Nro. 217).
10. RAMÍREZ G., C.A. Evaluación económica y ecológica del módulo "Desmulac" con respecto al proceso tradicional de café por vía húmeda. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. CHINCHINÁ. Informe anual de labores de la Disciplina de Ingeniería Agrícola 1993-1994. Chinchiná, Cenicafé, 1.994. 11 p. (Mecanografiado)
11. RAMÍREZ G., C.A. Evaluación técnica y económica de módulos "Becolsub" 600 y 1000 móviles, para el beneficio ecológico del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. CHINCHINÁ. Informe anual de labores de la Disciplina de Ingeniería Agrícola 1995-1996. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 11 p. (mecanografiado)
12. SANZ U., J. R. Desarrollo de un desmucilaginoso mecánico para café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. CHINCHINÁ. Informe anual de labores de la Disciplina de Ingeniería Agrícola 1992-1993. Chinchiná, Cenicafé, 1.993. 17 p. (Mecanografiado)
13. SANZ U., J. R. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sinfín. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 8p. (Avances técnicos Nro. 226).
14. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V., J. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo de café. Cenicafé 44(2):45-55.1.993.

CAFICULTOR:

Existen talleres especializados autorizados para construir y vender los módulos Becolsub, con las especificaciones y la licencia otorgada por la Federación Nacional de Cafeteros. Consulte al Servicio de Extensión o a CENICAFÉ

Edición: Héctor Fabio Ospina O.
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.
César Ramírez G.
Diagramación: Ángela C. Miranda C.

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.

Cenicafé

Centro Nacional de Investigaciones de Café

"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafedecolombia.com