

Tecnología industrial y preindustrial

Introducción y validación de la tecnología de beneficio ecológico provisto de la recirculación del agua bajo las condiciones de Cuba¹

Jorge Luis Ramajo-Destrades,* Délima Navarro-Ocaña,* Roberto González-Vega* y Mario J. Verdecia-García*

Resumen

La evaluación de la Tecnología Compacta de Beneficio Ecológico del café de procedencia colombiana se produjo durante las campañas cafetaleras entre 1998 y 2001, en los Centros de Beneficio Húmedo de Cuatro Caminos y La Lata, ubicados en los municipios de Palma Soriano y Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba, con el objetivo de estudiar la factibilidad técnico-económica y ambiental de nuevas tecnologías con respecto a la tecnología tradicional de beneficio húmedo del café. Se realizaron muestreos y evaluaciones en las diferentes secciones de trabajo por las que incursiona el café durante el proceso de beneficio por vía húmeda y se tuvieron en cuenta aspectos técnico-económicos y ambientales. La tecnología de beneficio ecológico del café permitió disminuir el consumo de combustible (32,77 %), incrementar la capacidad de despulpe en hasta 955 kg de café cereza, reducir el consumo de agua (78,84 %), disminuir el tiempo de secado del café pergamino en 12 h/sol, conservar el peso corporal de café oro (100 %), reducir el tiempo de duración del proceso de beneficio húmedo hasta el secado a 32 h, disminuir los daños mecánicos al café pergamino en el 1 %, reducir el área de instalación en aproximadamente el 50 %, reducir la estructura de máquinas, mecanismos o sistemas y sincronizar operacional durante el proceso, así como simplificar y eliminar procesos de alta complejidad. Además, la nueva tecnología reportó reducción en los costos un 42,07 y 30,80 % en CUP y CUC, respectivamente. Desde el punto de vista ambiental se apreciaron, en los Centros de Beneficio donde se introdujeron las nuevas tecnologías, reducciones en los volúmenes de agua contaminada (78,84 %) con relación a la tecnología de beneficio tradicional, por efecto de la disminución de aguas residuales del proceso, así como una mejor disposición de los residuales líquidos y sólidos para su posterior tratamiento o empleo.

Palabras clave: café, extensionismo, capacitación, cosecha, rendimientos.

Abstract

The evaluation of the coffee Compact Technology of Ecological Benefit of Colombian origin took place during the coffee campaigns between 1998 and 2001, in the Humid Benefit Centers of "Cuatro Caminos" and "La Lata," located in Palma Soriano and Tercer Frente municipalities, Santiago de Cuba province, with the objective of studying the technician-economic and environmental feasibility of new technologies with regard to the traditional technology of coffee humid benefit. Samplings and evaluations in the different work sections for those that it intrudes the coffee were carried out during the humid benefit process and aspects technician-economic and environmental were been in invoice. Technology of ecological benefit of the coffee allowed: to diminish the consumption of fuel (32.77 %), to increase the pulping capacity in up to 955 kg of brown cherry, to reduce the water consumption (78.84 %), to diminish the drying time of the brown parchment in 12 hours/sun, to conserve the corporal weight of coffee gold (100 %), to reduce the time of duration of the humid benefit process until the drying at 32 hours, to diminish the mechanical damages to the brown parchment in 1 %, to reduce the installation area in approximately 50 %, to reduce the Structures of (machines, mechanisms or systems) and to synchronize operational during the process as well as to simplify and to eliminate processes of high complexity. The new technology also reported reduction in the costs 42,07 % and 30,80 % in CUP and CUC respectively. From the environmental point of view they were appreciated, in the Benefit Centers where the new technologies were introduced, reductions in the volumes of polluted water (78.84 %) with relationship to the technology of traditional benefit, for effect of the decrease residual waters of the process as well as a better disposition of the residual liquids and solids for their later treatment or employment.

Key words: coffee, extensionism, training, harvests, yields.

¹ Recibido: 28-11-2013

Aprobado: 24-11-2014

*Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente. beneficio1@tercerfrente.inaf.co.cu

Introducción

En la actualidad el proceso de beneficio de café en Cuba se realiza generalmente por vía húmeda y comprende las etapas de recolección, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado. Mediante ellas se obtiene de forma exclusiva cafés lavados de tipo suave, de alta calidad física y de la bebida (Serna y col., 1990 y Roa y col., 1997).

Este proceso es fundamental para que el grano presente una buena apariencia y una calidad adecuada para su exportación, por lo que es necesario recobrar nuevos esfuerzos para obtener un grano de alta calidad, ya que este es el sello de calidad para Cuba, y también debido a que en los últimos veinte años los precios del café han sufrido fluctuaciones: el consumo mundial aumenta en un 2 % y la producción, por su parte, en un 5 % (Arias, 1996).

Durante cada una de sus etapas puede ser afectada la calidad del café con defectos graves en el grano que generalmente se originan por malas prácticas durante ellas (Kenya, 1991 y Puerta, 1996). Para ellos, el elemento técnico de mayor importancia durante el proceso de despulpe lo constituye la máquina despuladora, que Rochac (s.a.), citado por Cuba (1969), define como máquina que tiene por objetivo separar la semilla o almendra de la materia carnosa que la envuelve.

Según Coste (1969), las despuladoras pueden ser de dos tipos: despuladoras de cilindro y despuladoras de discos. Nosti (1970) considera un tercer tipo, representado por la desmucilagadora o despuladora Raoeng, que realizan al mismo tiempo el despulpe, desmucilagado y lavado, y permiten un gran ahorro de tiempo, trabajo y recursos, pero su gran dificultad está en los altos volúmenes de agua que utilizan durante el despulpe.

En Cuba las despuladoras más empleadas son las de cilindro, seguidas de las desmucilagadoras. Las primeras son muy empleadas en la región oriental del país, y las segundas se utilizan más en las regiones central y occidental (Cuba-Café, 2000).

El empleo de las despuladoras juega un rol fundamental en la calidad del producto final, ya que no solo está determinada genéticamente e influenciada no solo por las condiciones de cultivo y las prácticas agronómicas, sino también por el tipo de beneficiado (Coste, 1989 y Puerta, 1996).

Para lograr una mayor eficiencia en este proceso se hace necesaria la realización de algunas adecuaciones, transferencias o sustituciones tecnológicas, que a su vez garanticen una mejor explotación y aprovechamiento de la maquinaria existente en el país (Macías, 1996).

Entre estas introducciones o adecuaciones están la recirculación del agua y la implementación de la tecnología de beneficio ecológico bajo nuestras condiciones. En el primer caso, Holmes (1961) señala que con el mínimo empleo de recursos se reduce el volumen de agua utilizado durante el proceso de beneficio húmedo del café y con ello los costos corrientes del bombeo de agua, entre otras ventajas.

Cenicafé (1997) señaló que el empleo de la tecnología de beneficio ecológico (BECOLSUB) proporciona reducción de más del 90 % de la contaminación generada en el proceso; disminución del consumo específico de agua a menos de 1,04 kg de café pergamino seco; control del proceso al evitar los 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; reducción en el tamaño y costo de la infraestructura requerida para el beneficio; disminución en la cantidad de mano de obra para el beneficiado del café y menor daño del grano producido por las despuladoras 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 despuladora.

Estas nuevas introducciones permiten, además, el ahorro y descontaminación de volúmenes de agua que, desde el punto de vista ambiental, contribuyen a la disminución en gran medida de las afectaciones que por el proceso de beneficio del café se producen, tomando en cuenta la conciencia que existe en Cuba sobre el real peligro y la voluntad política para actuar ante los problemas del medio ambiente (FAO, 1993; Díaz, 1996 y Cuba, 1997).

El programa de desarrollo del país, y en particular el de las montañas, se concibió bajo el principio de la sostenibilidad y la armonía con el medio ambiente en la agricultura, teniendo en cuenta que el 18 % del territorio

nacional es montañoso, y a él se encuentran asociados ecosistemas de alta fragilidad, los cuales poseen un alto grado de endemismo y una gran biodiversidad (Rodríguez, 1999a y Martínez y col., 1999).

Cuba (1997) señala que no obstante a estas medidas adoptadas desde el inicio del triunfo revolucionario, aún los residuales de la agroindustria cafetalera constituyen en la actualidad el foco de contaminación más importante en las regiones cafetaleras. Estos no solo conllevan a la destrucción de los recursos hídricos y la disminución del agua como elemento de abastecimiento, sino que provocan el deterioro de la salud y economía públicas, así como efectos desastrosos sobre los ecosistemas acuáticos y sus componentes (Matak y col., 1997).

En nuestro país existen 318 despulpadoras de café en todo el territorio nacional, en las que el agua, como elemento esencial para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta, también resulta necesaria para el procesamiento o beneficiado del café, según refieren Matak y col. (1997).

Estos Centros de Beneficio por lo general vierten sus residuales en lagunas de oxidación que generalmente tienen una dimensión de 400 m², equivalente a 152 000 m² de superficie contaminada en todo el país, pues cada kilogramo de café que se despulpa contiene un 37 % de pulpa y un 17 % de mucílago, o sea, que cada kilogramo de café que se despulpa aporta más del 50 % de su contenido (exactamente el 56,8 %), y casi la tercera parte de la capacidad total de subproductos del proceso, como contaminación a las aguas residuales de beneficiado (Cuba-Café, 1999).

Los subproductos que se generan (pulpa, mucílago, pergamino y jugos en algunos casos) crean un serio problema de contaminación al medio ambiente de no ser utilizados y tratados eficientemente (Viñas y col., 1995). En particular, los líquidos generados son altamente contaminantes por sus valores de ácidos, contenido de sólidos y Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que provoca graves desequilibrios en el ecosistema receptor y sus componentes por el alto contenido de materia biodegradable y el bajo pH de ese tipo de residuales (Zambrano y Zuluaga, 1993; Traba y col., 1994 y Rodríguez, 1999a).

Para que se tenga una ligera idea del efecto contaminante que provocan estos residuales, se plantea que 1 kg de café cereza genera en pulpa y mieles lavados 114 g de DQO, y una persona en orina y excretas, diariamente

genera 67 g, lo que quiere decir que 1 kg de café cereza produce la contaminación equivalente a 1,7 personas (Cuba-Café, 1999).

Alrededor de 7 600 000 m² en el país se encuentran sometidos también por esto a olores sumamente desagradables producto a la pectina que despiden el mucílago del café depositado en estas lagunas. A esto se le debe agregar el peligro que corren las fuentes naturales (ríos y presas), en las que al descargar el mosto en ellas contaminarán paulatinamente la fauna existente (fundamentalmente peces) y la salud humana (García, 1995).

En 1996 el CITMA estableció en Cuba las Resoluciones 130/95 y 168/95 (Cuba, 1996a y Cuba, 1996b), con las que se trabaja en base a reglamentos que permitan la realización de inspecciones ambientales y la aprobación de evaluaciones de impacto ambiental en aquellas obras y lugares que así lo requieran.

Viñas y col. (1995), Rodríguez (1999a) y Alonso (1999) refieren estudios auspiciados por la Agencia de Sanidad Ambiental y el CIGEA como partes del CITMA para contrarrestar con diferentes formas de tratamiento, los efectos en las aguas de residuales químicos, agropecuarios y agroindustriales en Cuba. Otras investigaciones realizadas a escala piloto con el empleo de plantas acuáticas como la variedad jacinto de agua o malangüeta, en el tratamiento de aguas residuales son citadas por Cuba (1998).

Cenicafé (1996) propuso para Colombia un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio de los residuales del beneficio húmedo del café, al que actualmente se realizan ajustes en su diseño.

Cuba (1999) editó un documento de trabajo que permite, a través de una metodología, la evaluación aproximada de la carga contaminante en las cuencas hidrográficas de interés nacional y provincial, y en el cual se establecen los indicadores para la evaluación de la contaminación causada por el proceso de despulpe de café.

En el municipio objeto de estudio (Tercer Frente) persisten algunas dificultades con la contaminación hídrica provocada por estos residuales que pudiesen estar relacionadas, entre otras, con la incidencia y frecuencia de aparición de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) y otras de tipo gastrointestinal, que unidas a deficientes hábitos higiénico-sanitarios de la población provocan en determinadas épocas o períodos del año serias afectaciones a la salud humana.

Hasta el momento solo se han realizado estudios muy generales sobre esta temática, como los referidos por Cuba (1999) y Cuba-Café (1999), quienes señalan que, para dar respuesta a esta problemática, se desarrollan varias tecnologías que no han resultado del todo efectivas.

CIGEA (1999) señaló que en términos generales se puede afirmar que la información disponible en Cuba sobre indicadores para la estimación de las cargas es insuficiente, aunque existen casos donde es posible manejar información para llevar a cabo dichos cálculos.

Es por esto que se realizó la presente investigación con el objetivo de determinar la factibilidad técnico-económica e impacto ambiental de nuevas tecnologías en el proceso de beneficio húmedo del café.

Materiales y métodos

La evaluación de la tecnología compacta de beneficio ecológico del café de procedencia colombiana se produjo durante las campañas cafetaleras comprendidas entre 1998 y 2001 en Centros de Beneficio Húmedo de Cuatro Caminos y La Lata, ubicados en los municipios de Palma Soriano y Tercer Frente, respectivamente, provincia de Santiago de Cuba, con el objetivo de estudiar la factibilidad técnico-económica y ambiental de esta nueva tecnología con respecto a la tecnología tradicional de beneficio húmedo. Se realizaron muestreos y evaluaciones en las diferentes secciones de trabajo por las que incursiona el café durante el proceso de beneficio por vía húmeda y se tuvo en cuenta el principio de funcionamiento, así como aspectos técnico-económicos y ambientales. Durante las evaluaciones se delimitaron las principales secciones de trabajo con que cuenta dicha tecnología y se realizaron muestreos, comprobaciones y determinaciones sobre los siguientes indicadores, que se compararon con respecto a los que ofrece la tecnología tradicional de beneficio del café en sus diferentes secciones de trabajo:

1. Indicadores técnicos

Sección de despulpe

- *Capacidad de despulpe (kg de café cereza/h)*: Se cronometró en varias partidas el tiempo transcurrido en despulpar cierta cantidad de café.

- *Revoluciones por minutos necesarias para el correcto despulpe (rpm)*: Se midieron mediante un tacómetro acoplado al eje vertical que acciona la parte activa de la despulpadora. Su resultado se comprobó según las rpm brindadas por el fabricante.
- *Daños mecánicos originados al café pergamino durante el despulpe (%)*: Se tomaron varias muestras de 1,5 kg de café cereza después de pasar por la despulpadora, y se determinaron de forma visual las afectaciones mecánicas producidas en 300 g de café despulpado por muestra.
- *Zona del pergamino dañada mecánicamente*: Se determinó mediante observaciones visuales la zona dañada en los granos afectados mecánicamente.
- *Cantidad de café pergamino que se mezcla con la pulpa (%)*: Se determinó visualmente en varias muestras de 300 g de pulpa la cantidad de granos pergamino presentes.
- *Cantidad de pulpa que se mezcla con el café pergamino (g/kg de café despulpado)*: Se separó y pesó en varias muestras de 1 kg de café despulpado la cantidad de pulpa contenida.
- *Porcentaje de café pergamino despulpado incorrectamente (%)*: De la propia muestra anterior se separaron 300 g en los que se determinó la cantidad de café despulpado incorrectamente.
- *Consumo de agua durante el despulpe (L/kg de café pergamino seco)*: Se comprobó mediante mediciones en varias partidas la necesidad y consumo de agua durante este proceso.
- *Número de máquinas repasadoras requeridas*: Se comprobó la necesidad real mediante el conteo visual.

Sección de desmucilaginado o lavado

- *Capacidad de desmucilaginado (kg de café desmucilaginado/h)*: Mediante varias repeticiones se determinó la cantidad de café desmucilaginado por hora, para lo cual se cronometró el tiempo transcurrido en desmucilagar cierta cantidad de café. El resultado de esta evaluación se comparó con la capacidad ofrecida por el fabricante.
- *Revoluciones por minuto necesarias para el correcto desmucilaginado*: Se midieron mediante un tacómetro acoplado al eje vertical que acciona la parte activa de la desmucilagadora. Su resultado se comprobó según las rpm brindadas por el fabricante.

- *Consumo de agua durante el desmucilaginado (L/kg de café pergamino seco):* En varias partidas de café despulpado en baba se comprobó mediante mediciones la necesidad necesaria o no de la presencia de agua durante este proceso, así como su consumo.
- *Daños mecánicos originados al café pergamino durante el desmucilaginado (%):* Se tomaron varias muestras de 1,5 kg de café cereza después de pasar por la desmucilaginadora, y se determinaron de forma visual las afectaciones mecánicas producidas en 300 g de café desmucilaginado por muestra.
- *Zona o parte del pergamino afectada mecánicamente:* A partir de la presencia de granos dañados mecánicamente según el muestreo anterior se determinó visualmente la zona dañada en los granos afectados.
- *Porcentaje de granos de café pergamino con restos de mucilago adherido a la superficie del pergamino después de desmucilaginado:* De la propia muestra anterior se separaron 300 g en los que se determinó la cantidad de café desmucilaginado incorrectamente.

Sección de evacuación y clasificación del café despulpado

- *Mecanismo encargado de realizar la evacuación y clasificación del café despulpado y su efectividad:* Se identificó dicho mecanismo y se valoró su efectividad.
- *Capacidad de evacuación y clasificación del café despulpado (kg/h):* Mediante varias repeticiones se determinó la cantidad de café evacuado y clasificado por hora, para lo cual se cronometró el tiempo transcurrido en evacuar y clasificar cierta cantidad de café. El resultado de esta evaluación se comparó con la capacidad ofrecida por el fabricante.
- *Revoluciones por minuto necesarias para la evacuación y clasificación del café despulpado:* Se midieron mediante un tacómetro acoplado al eje horizontal que acciona el mecanismo de evacuación y clasificación. Su resultado se comprobó según las rpm que ofrece el fabricante.
- *Porcentaje de daños mecánicos originados al café pergamino durante el proceso de evacuación y clasificación:* Se tomaron varias muestras de 1,5 kg de café cereza después de pasar por esta sección, y se determinaron de forma visual las afectaciones mecánicas producidas en 300 g de café por muestra.

Sección de evacuación de los residuales

- *Mecanismo encargado de la evacuación de los residuales:* Se identificó dicho mecanismo y se valoró su efectividad.
- *Revoluciones por minuto necesarias para la evacuación de los residuales:* Se midieron mediante un tacómetro acoplado al eje horizontal que acciona el mecanismo de evacuación de los residuales. Su resultado se comprobó según las rpm que ofrece el fabricante.
- *Capacidad de evacuación de los residuales (kg/h):* Mediante varias repeticiones se determinó la cantidad de residual evacuado por hora, para lo cual se cronometró el tiempo transcurrido en evacuar cierta cantidad de residual. El resultado de esta evaluación se comparó con la capacidad ofrecida por el fabricante.
- *Porcentaje de granos pergamino que escapan con los residuales:* En varias muestras de 300 g se determinó visualmente la cantidad de granos pergamino presentes.
- *Cantidad de residuales que se mezclan con el café pergamino ya desmucilaginado (g/kg de café pergamino):* En varias muestras de residuales se separó y pesó la cantidad de pulpa contenida.
- *Disposición de los residuales para su manejo y uso:* Se valoró la disposición de los residuales derivados de esta tecnología.

2. Otros indicadores

- *Consumo de combustible (L/t de café cereza beneficiado):* En varias partidas de una tonelada de café cereza se determinó mediante mediciones el consumo de combustible después que se aforó el tanque o recipiente de combustible.
- *Consumo de agua durante el proceso (L/kg de café pergamino seco):* En varias mediciones a lo largo de todo el proceso se controló el consumo de agua, así como el peso corporal de café.
- *Tiempo de duración del secado (h/sol):* Después de desmucilaginado y abierto el café pergamino en el patio se controlaron las h/sol necesarias para que el café alcanzara el 12 % de humedad.
- *Porcentaje de conservación del peso inicial:* Se escogieron muestras procedentes de una misma zona, una parte de las cuales se beneficiaron mediante la tecnología ecológica y otras a través de la tecnología

tradicional, y se les determinó la variabilidad de peso entre unas y otras.

- *Tiempo de duración del proceso de beneficio (h):* Se controló en varias repeticiones el tiempo que transcurre desde que el café cereza incursiona en el despulpe hasta que dicho producto, ya en pergamino, alcanza el 12 % de humedad.
- *Estructuras, máquinas, mecanismos o sistemas requeridos para llevar a cabo el beneficio húmedo del café:* Se detallaron todos los componentes requeridos para llevar a cabo el proceso de beneficio húmedo.
- *Sincronización operacional durante el proceso:* En correspondencia con el espacio de tiempo transcurrido entre los procesos que tiene lugar durante el beneficio húmedo, se determinó la sincronización.

3. Indicadores económicos

- *Costo de adquisición de la tecnología:* Se definió a partir del precio promedio establecido por sus fabricantes, no solo para CUP, sino también para CUC, dado que esta es una tecnología importada de otro país (Colombia).
- *Costo de transportación y distribución de la tecnología:* Resultó tanto para CUP como para CUC del costo establecido por MAQUIMPORT y demás agencias transportadoras y distribuidoras al prestar este servicio.
- *Costo de materiales y accesorios adicionales, así como de mano de obra durante el montaje:* Sus componentes en CUP y CUC se calcularon a partir del costo actual de estos materiales y accesorios, así como el control financiero establecido en el caso de la mano de obra y la inversión por concepto de servicios productivos.
- *Costo de explotación:* Se controló a partir del costo de combustibles y lubricantes, así como de la mano requerida a lo largo de la campaña y de la inversión por concepto de servicios productivos.
- *Costo de materiales de mantenimiento y reparación durante la campaña:* Se determinó para los componentes CUP y CUC en función de los materiales requeridos, así como los mantenimientos y reparaciones realizadas durante la campaña.
- *Costo de materiales de mantenimiento y reparación después de finalizada la campaña:* Se determinó

para los componentes CUP y CUC en función de los materiales requeridos, así como los mantenimientos y reparaciones realizadas después de culminada la campaña.

- *Costo total:* Resultó de la suma de todos los parámetros anteriores.

Resultados y discusión

Principio de funcionamiento de la tecnología de beneficio ecológico

Una vez que el café es recolectado, es transportado hasta el Centro de Beneficio y depositado en la tolva de recibo o ranfla de desnate con su respectivo sistema de recirculación de agua, ubicada a 3 m por encima del nivel de instalación de la despulpadora. El flujo circulante de agua en el interior de la ranfla propicia que las cerezas de café vanas o brocadas floten y sean separadas de las cerezas de café actas para el despulpe. Estas últimas emergen del interior de la ranfla de recibo y desnate mediante un tubo de 3 pulg acoplado a una canal que conduce el café cereza hasta una tolva encargada de alimentar a la despulpadora, además de eliminar hasta el 64 % de las cerezas de café brocadas. El café, después de ser vertido en la despulpadora de configuración cónica y acción vertical, se despulpa en seco, proceso en el que solo participa como elemento lubricante el propio mucílago de que disponen las cerezas de café; mediante la acción que ejerce un cilindro de acción vertical con sus camisas y sus respectivas uñetas o botones, se encarga de desprender y evacuar la pulpa o cáscara de las cerezas de café hacia la sección de residuales, mientras que el café despulpado es conducido hacia un conducto encargado de hacerlo llegar al sistema de zaranda rotativa. Por su parte, el sistema de evacuación de residuales sólidos (cáscaras) mediante un mecanismo de transportación horizontal (sinfín) conduce la pulpa hasta la caja de cáscaras.

Durante el recorrido que realiza el café despulpado a través del sistema de zaranda rotativa solo pasa por dicho sistema el café despulpado correctamente, el cual llega a la sección de desmucilaginado mediante unos conductos diseñados para este fin. El café despulpado incorrectamente, así como los restos de cáscaras y otros residuos sólidos son separados y conducidos al depósito de café cabeza o rechazo.

Cuando el café despulpado llega a la sección de desmucilaginado queda obligado a ascender mediante el mecanismo sinfín y los tetos, que giran conjuntamente con el eje a razón de 800 rpm. Una vez que el espacio existente entre el cilindro acanalado y los tetos es completamente ocupado por el café despulpado, se eleva la presión interior producto del movimiento existente dentro del propio cilindro, lo que conduce a una elevada fricción entre los propios granos de café despulpado, así como entre los granos y los tetos, y entre estos y las paredes del cilindro. Este movimiento que origina una alta fricción provoca el desprendimiento del mucílago de forma tal que el café despulpado y libre de mucílago emerge por la parte superior del cilindro y mediante un conducto regulable hasta caer al depósito destinado para café desmucilaginado. El mucílago, por su parte, durante el ascenso del café se va derramando o escapando en forma viscosa por las aberturas existentes entre las rejillas que conforman el cilindro, cuyo diámetro oscila entre 2,5 y 3 cm. Posteriormente este residual líquido cae en un depósito que lo conduce a una canal donde vierten y son evacuados los residuales sólidos y líquidos hasta conducirlo mediante un mecanismo sinfín a la caja de cáscaras.

Después que el depósito de café desmucilaginado se llena, dicho producto es trasladado directamente a los patios de secado y atendido según lo indican las Instrucciones Técnicas para la Cosecha y el Beneficio del Café y el Cacao (Cuba, 1987).

En la *tabla 1* se aprecian los resultados de los aspectos técnicos evaluados para la tecnología de beneficio ecológico, así como para el beneficio tradicional.

1. Indicadores técnicos

Sección de despulpe

- *Capacidad de despulpe*: La introducción de la tecnología de beneficio ecológico provista de ranfla de desnate y recirculación del agua ofreció una capacidad de despulpe comprendida entre 2000 y 2500 kg de café cereza/h, pudiendo incrementar su capacidad para otros modelos, mientras que la tecnología de beneficio tradicional solo despulpa para el caso de máquinas de cilindro 1545 kg de café cereza/h a costa de un alto consumo de agua (5 L/kg de café pergamino despulpado).
- *Revoluciones por minuto necesarias para un correcto despulpe*: Para el caso del beneficio ecológico se re-

quieran de 500 rpm, mientras que el beneficio tradicional solo requiere de 120. Es lógico que para el primer caso se requiera de más rpm, ya que el despulpe se realiza en ausencia total de agua, mientras que en el segundo caso de un alto consumo de agua para lograr un correcto despulpe.

- *Daños mecánicos originados al café pergamino durante el despulpe*: Durante el beneficio ecológico solo se reportó el 0,5 % de daños mecánicos, mientras que el beneficio tradicional alcanzó el 1,5 %. Esto pudiera estar relacionado con el diseño del órgano activo de despulpe, donde para la unidad compacta de beneficio ecológico se basa en una despulpadora cónica de acción horizontal, que actúa sobre las cerezas de café en correspondencia con su tamaño. La tecnología tradicional se basa en una despulpadora cilíndrica de acción vertical que no es muy selectiva en cuanto al tamaño de las cerezas de café. No obstante, ambas tecnologías no sobrepasaron el 2 % de afectaciones mecánicas, cifra admitida por las Instrucciones Técnicas para la Cosecha y el Beneficio del Café y el Cacao (Cuba, 1987).
- *Zona del pergamino dañada mecánicamente*: Para ambas tecnologías la zona del grano pergamino dañada resultó ser el borde exterior. Parece ser que las uñitas o botones de la camisa durante el desgarramiento de la pulpa o cáscara ejercen gran acción sobre estos bordes y producen daños o rasgaduras, fundamentalmente sobre los granos verdes y pintones que escapan con la masa de café cereza apta para el despulpe.
- *Cantidad de café pergamino que se mezcla con la pulpa o cáscara*: La tecnología ecológica, a pesar de realizar el despulpe sin presencia de agua, no permite escapar café pergamino, pues su diseño en forma cónica posibilita el despulpe de toda cereza de café sin tener en cuenta el tamaño del grano. El despulpe tradicional en ocasiones deja escapar granos de café pergamino con los residuales sólidos, ya que no es tan selectiva con el tamaño de los granos pergamino, y por imprecisiones de regulaciones escapan en hasta el 1 % con los residuales.
- *Cantidad de pulpa que se mezcla con el café pergamino*: Para el caso de la tecnología ecológica resultó de hasta 3 g/kg de café pergamino despulpado, mientras que la tecnología tradicional alcanzó hasta 8 g/kg de

café pergamino despulpado. La diferencia entre una y otra tecnología pudiera ser debida a que en el primer caso (despulpe vertical-cónico) es más eficiente que el despulpe horizontal cilíndrico empleado en el método tradicional. Este último, debido a imprecisiones en su regulación, permite el escape de mayor cantidad de residuales con el café despulpado.

- *Porcentaje de café pergamino despulpado incorrectamente*: El despulpe ecológico reportó el 3 %, mientras que el tradicional alcanzó el 5 %. Esto quizás tenga relación con la cantidad de café verde o pintones tolerados en la masa de café a despulpar (5 %). La diferencia entre ambos casos (2 %) debe estar relacionada con el diseño de cilindro de que disponen estas tecnologías.
- *Número de máquinas repasadoras requeridas*: Para la tecnología de beneficio ecológico solo se requiere de la máquina principal, pues esta dispone de un sistema de despulpe cónico horizontal donde las cerezas van despulpando por tamaño según su descenso, mientras que para la tecnología de despulpe tradicional se requiere de la máquina principal y una repasadora, aunque en ocasiones es necesario dos repasadoras, ya que de no ser así las cerezas de menor tamaño no son despulpadas o despulpan incorrectamente.
- *Consumo de agua durante el despulpe*: Hasta este proceso la tecnología de beneficio ecológico solo requiere de 0,75 L de agua, pues realiza el despulpe en seco, y solamente demanda de agua para la recirculación que se realiza para conducir el café hasta antes de llegar a la sección de despulpe, es decir, sin afectar el grano pergamino, solo a expensas del contenido de mucílago presente en el grano, por lo que el requisito indispensable para realizar un correcto despulpe con este tipo de tecnología radica en que la masa de café a despulpar tiene que estar completamente madura (no se admite café verde, ni pintón dentro de la masa de café a despulpar); en cambio, el método tradicional durante esta actividad requiere de 6 L/kg de café pergamino seco, lo que implica el ahorro del 87,5 % del agua empleado en el proceso.

Sección de desmucilaginado o lavado

- *Capacidad de desmucilaginado o lavado*: Para el beneficio ecológico en correspondencia con los dos

modelos evaluados, esta capacidad resultó de 1220 y 1525 g/h, respectivamente. En este caso el desmucilaginado resulta casi simultáneo con el despulpe. Por su parte, la tecnología de beneficio tradicional solo reportó 943 kg/h, a pesar del tiempo transcurrido entre el despulpe y el lavado, pues este método de beneficio requiere de un proceso intermedio entre el despulpe y el lavado (proceso de fermentación) que necesita no menos de 12 h para que ocurra bajo nuestras condiciones.

- *Revoluciones por minuto necesarios para el desmucilaginado o lavado*: La tecnología requiere entre 600 y 800 rpm, pues en dicha tecnología este proceso transcurre mediante la presión que ejerce un cilindro de acción vertical provisto de tetos dispuestos en forma de espiral. Dicha presión es ejercida sobre el café y su contenido mucilaginoso (una vez despulpado y conducido hasta el baso del desmucilaginador, donde la fricción entre los tetos y los granos de café, y entre estos y las paredes del vaso desmucilaginador, al estar sometido a un régimen entre 600 y 800 rpm) cede el contenido mucilaginoso y posteriormente escapa por la parte superior del desmucilaginador; en cambio, la tecnología de beneficio tradicional solo requiere de 90 rpm, ya que la misma realiza la operación de lavado mediante lavadoras autopropulsadas, ya sean de acción horizontal o vertical provistas de un eje y sus respectivas paletas, que rota a razón de 90 rpm, produciendo cierta agitación o turbulencia en determinado volumen de agua y café fermentado contenido en el interior de un depósito o tanque (se estima que la proporción de agua café contenida en el tanque de lavado es de 3:1 y que se deben dar cuando mínimo tres lavadas a una misma masa de café).
- *Consumo de agua durante el desmucilaginado o lavado*: La tecnología de beneficio ecológico solo consumió 2 L/kg de café pergamino seco. Por su parte, la tecnología de beneficio tradicional requirió entre 7 L de agua/kg de café pergamino seco, es decir, la tecnología ecológica durante este proceso reportó ahorro en el consumo de agua equivalente a 5 L de agua/kg de café pergamino seco por ciento con respecto a la tecnología tradicional.
- *Daños mecánicos originados al café pergamino durante el desmucilaginado o lavado*: En este sentido

la tecnología de beneficio ecológico reportó el 1,2 %

- de café dañado mecánicamente, mientras que en el caso del beneficio tradicional solo se encontró el 0,2 %. La diferencia de una tecnología respecto a la otra puede ser atribuible a que en el primer caso en ocasiones los granos pequeños de café se incrustan entre las rejillas que forman la canasta o vaso de desmucilaginado, y debido a la presión y velocidad de desmucilaginado son afectados mecánicamente al no ceder a dicha presión y velocidad, mientras que en la tecnología de lavado tradicional solo se originan daños mecánicos cuando ocasionalmente son apresados los granos entre la base del eje de las paletas y el fondo del tanque, o entre las paletas y las paredes del tanque de lavado.
- *Zona o parte del grano pergamino afectada mecánicamente:* La afectación originada a los granos pergamino durante el beneficio ecológico se presentó en el borde exterior de dichos granos, mientras que en los excepcionales casos evidenciados durante el beneficio tradicional la afectación se produjo en todo el grano.
- *Porcentaje de granos pergamino con restos de mucílago adherido a la superficie después del desmucilaginado o lavado:* En este sentido las dos tecnologías mostraron un comportamiento similar, o sea, no se apreció ningún grano pergamino provisto de mucílago en su superficie, pues el método de lavado resultó efectivo, independientemente del tipo de tecnología.
- *Porcentaje de granos pergamino con restos de mucílago adherido en la hendidura:* En el café pergamino beneficiado mediante la tecnología ecológica solo se apreció el 3 % de granos con contenido de mucílago adherido a la hendidura, mientras que en el beneficiado de forma tradicional se detectó el 9 % de granos pergamino con restos de mucílago en la hendidura. La diferencia entre un método y otro evidencia la eficiencia alcanzada por el beneficio ecológico donde la presión, la velocidad y el nivel de fricción a que es sometido el café durante el desmucilaginado propicia una correcta eliminación de estos restos mucilaginosos en la hendidura del café una vez desmucilaginado.

Sección de evacuación y clasificación del café despulpado

- *Mecanismo encargado de realizar la evacuación y clasificación del café despulpado y su efectividad:*

El beneficio ecológico se sustenta en un mecanismo compuesto por una zaranda rotativa que resulta de gran efectividad, pues no permite derrame de café pergamino durante el proceso; en cambio, el beneficio tradicional dispone de un mecanismo provisto de una zaranda axial y origina cierto derrame de café pergamino durante el trabajo; además, esa tecnología requiere de una zaranda por cada despulpadora que interviene en el proceso, ya sea la despulpadora principal o las máquinas repasadoras.

- *Capacidad de evacuación y clasificación del café despulpado en correspondencia con los modelos instalados en el país:* Esta capacidad para el caso del beneficio ecológico oscila entre 1320 y 1525 kg/h, mientras que la tecnología tradicional solo evacuó 943 kg de café/h (Tabla 1).
- *Revoluciones por minuto necesarias para la evacuación y clasificación del café despulpado:* La tecnología ecológica solo requiere de 120 rpm para evacuar o conducir el café despulpado hasta el desmucilaginado. Esta operación la realiza mediante una zaranda circular rotativa que garantiza gran eficiencia durante su trabajo. Por su parte, la tecnología tradicional de beneficio cuenta con un sistema de zaranda axial plana dispuesta según el número de despulpadoras (máquina principal y máquinas repasadoras). Estas zarandas requieren no menos de 960 rpm para su trabajo en movimiento de vaivén, lo que en ocasiones origina derrame de café pergamino durante su clasificación. Resulta interesante señalar que, en ocasiones, para realizar una correcta clasificación del café (P1, P2, Cabeza) se requieren de hasta tres zarandas en la tecnología tradicional, mientras que la ecológica realiza una correcta clasificación solo con una zaranda (zaranda circular rotativa).
- *Porcentaje de daños mecánicos originados al café:* En este caso ambas tecnologías manifestaron un buen comportamiento, pues en los diferentes muestreos realizados no se encontraron granos dañados después de haber incursionado por este proceso.

Sección de evacuación de los residuales

- *Mecanismo encargado de la evacuación de residuales:* La tecnología ecológica dispone de un cilindro cónico de acción vertical, el cual está revestido por una lámina de camisa provista de varias uñetas o bo-

tones dispuestos en forma de espiral realiza el agarre, desprendimiento y evacuación de la pulpa o cáscara de café. Por otra parte, mediante el desmucilagador de acción vertical, y a través del cilindro provisto de tetos dispuestos en forma de espiral, así como de las paredes del vaso de desmucilagado debido a la velocidad de giro de este cilindro, se posibilita un gran contacto entre los granos pergamino y los tetos, entre los propios granos pergamino, así como entre los granos pergamino y las paredes del vaso desmucilagador, lo que propicia un correcto desprendimiento del mucílago solo con la adición de 2 L de agua/kg de café desmucilagado. Por su parte, la tecnología de beneficio tradicional realiza el agarre, desprendimiento y evacuación de la pulpa o cáscara mediante las uñetas o botones diseñados en una camisa, la que va acoplada al cilindro de acción horizontal con una velocidad de giro igual a 120 rpm. El desmucilagado es realizado previo a la fermentación, para lo cual se requiere del efecto de paletas de acción horizontal o vertical dispuestas en un eje propulsado mediante un motor. Estas paletas giran a 60 rpm y proporcionan en el interior del depósito de lavado una turbulencia que permite el desmucilagado del café, una vez que es fermentado y vertido en dicho depósito provisto de cierta cantidad de agua.

- *Capacidad de evacuación de residuales:* La mayor capacidad de evacuación se apreció en la tecnología ecológica (entre 780 y 975 kg/h, según los modelos evaluados), y requirió solamente de una hora, ya que este proceso ella lo realiza simultáneo al despulpe y desmucilagado. La tecnología tradicional, en cambio, solo evacuó 50 kg/h (*Tabla 1*). Esta baja eficiencia por unidad de tiempo es atribuible al período de tiempo que transcurre entre el despulpe y el lavado, pues media la fermentación que bajo nuestras condiciones requiere como mínimo de 12 h para que esta se haga efectiva.
- *Revoluciones por minuto necesarias para la correcta evacuación de los residuales:* El modelo compacto de beneficio ecológico en la sección de despulpe requiere de 500 rpm, y en la sección de desmucilagado son necesarios entre 600 y 800 rpm, lo que garantiza una correcta evacuación de los residuales, además del buen funcionamiento de dicha tecnología; en cambio, la tecnología tradicional en la sección de despul-

pe solo requiere de 120 rpm, y durante el lavado solo bastan 60 rpm, pero tiene en su contra que no se garantiza un correcto desprendimiento y evacuación de los residuales, por lo que se requiere de máquinas repasadoras para el correcto despulpe y de tres lavados como mínimo a un mismo lote de café para evacuar todo el mucílago adherido a los granos pergamino.

- *Porcentaje de granos pergamino que se escapan con los residuales:* En la tecnología ecológica no se apreció escape de café pergamino con los residuales, no manifestando este mismo comportamiento la tecnología tradicional que dejó escapar, en ocasiones hasta el 1,2 %, lo que está relacionado con la regulación de las despulpadoras durante su trabajo, el tamaño de los granos cereza y defectos de la masa del cilindro o camisa.
- *Cantidad de residuales que se mezcla con el café pergamino ya desmucilagado o lavado:* En la tecnología ecológica se encontraron hasta 3 g de residuales/kg de café desmucilagado. Este resultado tuvo mucha relación con la cantidad de café verde que contenía la masa de café a despulpar. Resultados superiores alcanzó la tecnología tradicional de beneficio que incorporó hasta 9 g de residuales/kg de café pergamino lavado. Esto pudiera estar relacionado con una incorrecta regulación de la despulpadora y sus repasadoras, una incompleta fermentación y un deficiente desnate.
- *Disposición de los residuales para su uso:* La tecnología ecológica garantiza la concentración de la cáscara o pulpa, así como de mucílago fresco y poco disuelto en agua, lo que impide en gran medida la contaminación ambiental. Por su parte, la tecnología tradicional de beneficio, a pesar de que garantiza la concentración de la cáscara o pulpa, origina la disgregación del mucílago fermentado o mezclado con alto volumen de agua. Esto proporciona un elevado nivel de contaminación ambiental, pues se contaminan en gran medida varios metros cúbicos de agua que posteriormente ejercen su efecto contaminante a otras fuentes de abasto de agua (ríos y presas) al ser vertidos en ellas, según reportaron Zambrano y Zuluaga (1993), quienes señalaron que este proceso permite conservar mejor la calidad del producto final (café oro), pero contamina enormemente las corrientes de agua.

2. Otros indicadores

- **Consumo de combustible:** La tecnología de beneficio ecológica consumió 0,9 L de combustible menos que la tecnología tradicional para realizar el mismo trabajo (Tabla 1). Esto debe estar relacionado con la mayor capacidad de esta nueva tecnología y la eliminación o adecuación de procesos que requieren de consumos energéticos, tales como la elevación y el repase del café, entre otros.
- **Consumo de agua durante todo el proceso:** La tecnología de beneficio ecológico solo consumió 2,5 L de agua/kg de café seco, mientras que la tecnología de beneficio tradicional requirió de hasta 13 L de agua/kg de café seco, es decir, la nueva tecnología reportó ahorros en el consumo de agua de un 78,84 % con respecto a la tecnología tradicional.
- **Tiempo de duración del secado:** El café beneficiado mediante la tecnología ecológica solo requirió de 40 h/sol para alcanzar el 12 % de humedad; en cambio, el café tratado mediante la tecnología tradicional de beneficio necesitó 52 h/sol para ser secado al 12 % de humedad. La diferencia en horas/sol favorable a la tecnología ecológica, que dispuso de 12 h/sol menos que la vieja tecnología, está relacionada con la ejecución del despulpe sin presencia de agua, la minimización de los consumos de agua durante el desmucilaginado y el escurrimiento que recibe el café cuando incursiona por la parte media superior del desmucilaginator, mientras que en el beneficio tradicional el café incursiona por los procesos de despulpe, fermentación y lavado en presencia de gran cantidad de agua superflua, lo que requiere de mayor energía solar para que se evapore esta agua, y además para liberar la sobresaturación de agua constitucional que puede tener lugar en el interior de los granos pergamino durante estos procesos de beneficio.
- **Porcentaje de conservación del peso corporal del café beneficiado:** El café beneficiado mediante la nueva tecnología conservó el 100 % de su peso corporal; en cambio, el procesado a través de la tecnología tradicional reportó solo el 98,5 de su peso corporal. En este resultado parece tener incidencia el proceso de fermentación, donde el café es sometido a altas temperaturas, y en cambio pudiera liberar parte de su peso corporal en forma de energía para compensar los efectos de las mismas; además, resulta interesante tener en cuenta el escape de café pergamino con los residuales que tiene lugar durante el beneficiado, lo cual influye en mayor o menor medida con respecto a la conservación del peso corporal.
- **Tiempo de duración del proceso de beneficio húmedo del café hasta el secado:** Durante la incursión del café por los diferentes procesos hasta cumplimentar el secado al 12 %, en el café beneficiado mediante la tecnología ecológica se cronometró solamente un tiempo de 48 h, mientras que en la tecnología tradicional se requirió de 80. Este incremento de tiempo apreciado en la vieja tecnología con respecto a la nueva (32 h) está relacionado con el tiempo que media durante el proceso de fermentación (12 h) y escurrimiento (8 h), además del tiempo extra que se requiere para llevar el café al 12 % de humedad durante el secado (12 h más que el requerido por el café beneficiado mediante la nueva tecnología); en cambio, la tecnología ecológica, además de suprimir los procesos de fermentación y escurrimiento, solo requiere de 40 h/sol para llevar el café al 12 % de humedad debido a que el café queda totalmente escurrido una vez que ha incursionado por el desmucilaginator.
- **Consumo total de agua durante el proceso:** Cuando se empleó la recirculación de agua la tecnología de beneficio ecológico tuvo un consumo total de agua ascendente a 2,75 L/kg de café pergamino seco, mientras que la tecnología tradicional de beneficio consumió 13 L de agua/kg de café pergamino seco, es decir, la nueva tecnología redujo los consumos y descontaminación del agua durante el proceso de beneficio húmedo del café en el 78,84 %.
- **Área mínima de instalación o montaje:** Para realizar la instalación o montaje de la tecnología ecológica solo se requieren de 4 m²; en cambio, la tecnología tradicional necesita como mínimo 8 m². Es decir, la nueva tecnología, con el 50 % de área menos que la vieja, realiza las mismas funciones que esta última con mayor eficiencia. En esto incide la compactación y sincronización de los diferentes procesos que tienen lugar durante el beneficio húmedo del café, así como la supresión de algunos de estos procesos (elevación, fermentación, y lavado) que son imprescindibles para el beneficio tradicional, y los mecanismos o sistemas encargados de realizar estos procesos (elevador, tanques de fermentación y lavado) ocupan gran área

para su instalación o montaje, además de la requerida para el sistema de transmisión, las despulpadoras y sus respectivos sistemas de clasificación del café, así como la tolva de recibo, entre otros elementos requeridos para el beneficio por vía húmeda.

- *Estructuras, máquinas, mecanismos o sistemas requeridos para llevar a cabo el beneficio húmedo del café:* Para la ejecución del beneficio del café mediante la tecnología ecológica solo se requiere de la casa de máquina, la tolva de recibo o punto de recepción de las cerezas de café, la unidad compacta de beneficio ecológico compuesta por la sección de despulpe, la sección de evacuación y clasificación del café, despulpado, la sección de desmucilaginado y la sección de evacuación de los residuales, el tanque sifón, los patios de secado y la laguna de oxidación; en cambio, la tecnología tradicional requiere de la casa de máquina, la tolva de recibo o punto de recepción de las cerezas de café, el sistema de elevación, el tanque sifón, la despulpadora y su zaranda de clasificación, la repasadora, el sistema de evacuación de los residuales, los tanques de fermentación, el tanque de lavado, los patios de secado y la laguna de oxidación. Todos estos requerimientos implican la duplicidad del área para el montaje y una mayor complejidad para realizar el proceso de beneficiado con respecto a la tecnología ecológica.
- *Sincronización operacional durante el proceso:* En la tecnología de beneficio ecológico se produce una sincronización armónica en la que solo transcurre un corto espacio de tiempo (de 2 a 3 min) entre el despulpe y el desmucilaginado, mientras que la tecnología de beneficio tradicional requiere de no menos de 12 h entre el despulpe y el lavado, pues entre estos procesos media la fermentación que necesita para su ocurrencia, bajo nuestras condiciones, de no menos de 12 h.

3. Indicadores económicos

Período de inversión, transportación, distribución y montaje

- *Costo de adquisición de la tecnología:* El costo de adquisición de la tecnología ecológica ascendió a 8500 CUC, teniendo este mismo componente en CUP debido al contravalor establecido (*Tabla 2*). El costo de adquisición estimado de la tecnología tradicional ascendió a 7200 CUC con su respectivo componente

del contravalor (7200 CUP). Por concepto de adquisición la tecnología tradicional resulta más ventajosa con 1300 CUC y su respectivo contravalor a su favor.

- *Costo de transportación y distribución de la tecnología:* En este sentido, el mejor comportamiento se reflejó para la tecnología tradicional que reportó, respecto a la ecológica, un ahorro de 1200 CUP y 4300 CUC (*Tabla 2*). Este comportamiento está relacionado con la fuente de adquisición, o sea, la mayoría de los componentes de la vieja tecnología son de fabricación nacional, mientras que la nueva es adquirida íntegramente del exterior, lo que hace que se encarezca más su costo, pues se recargan impuestos adicionales de MAQUIMPORT y otros por este concepto.
- *Costo de materiales adicionales y mano de obra durante el montaje:* Por este concepto la tecnología de beneficio ecológico mostró el mejor comportamiento con un ahorro de 11 900 CUC y 13 875 CUP (*Tabla 2*). En este comportamiento incidió la cantidad de materiales y mano de obra requerida para el montaje de la vieja tecnología que está provista de elementos, mecanismos y sistemas suprimidos en la ecológica, tales como sistema de elevación, tanque sifón, zarandas axiales planas, repasadoras, tanques de fermentación, lavadora mecánica, así como una mayor dimensión de la casa de máquinas y la laguna de oxidación, entre otras.
- *Costo total para este período:* Resultó inferior para el beneficio ecológico tanto en CUP como en CUC en 15 275 y 6975.

Período de explotación, mantenimiento y reparación

- *Costo de explotación:* Los mejores resultados se reflejaron para la tecnología ecológica, que reportó en este sentido un ahorro de 2000 CUP y 440 CUC a su favor. Esto se explica debido a que para la nueva tecnología no es necesario el ayudante de maquinista, y además los gastos incurridos por concepto de piezas son menores, pues se presentan menos roturas y consumos de combustible y lubricantes, ya que esta tecnología está dotada de menos rodamientos en un sistema de transmisión de gran eficiencia y un gran sincronismo operacional, lo que requiere de menos potencia instalada que la tecnología tradicional, de aquí su menor consumo. Este análisis se realizó tomando en consideración una campaña con su volumen de café cereza a despulpar equivalente a 30 000 latas.

- **Costo de mantenimiento y reparaciones durante la explotación:** Resultó la tecnología de beneficio ecológico la de mejor comportamiento con el ahorro de 400 CUP y 55 CUC, con respecto a la vieja tecnología. Esto se debe a que se trata de una nueva tecnología considerada como “de punta” en el beneficiado húmedo del café, sustentada en un módulo compacto de gran eficiencia, que solo requiere de un sencillo mantenimiento y muy discretas reparaciones; en cambio, la vieja tecnología, debido a su disgregado módulo y mayor complejidad operacional por la gran cantidad de mecanismos y sistemas que la componen, precisa de invertir mayor cantidad de recursos para los mantenimientos y reparaciones.
- **Costo de reparación al finalizar la campaña:** La tecnología de beneficio ecológico solo requirió de 1500 CUP y 80 CUC, lo que permitió el ahorro de 1500 CUP y 140 CUC con relación a la tecnología de beneficio tradicional. Este comportamiento está relacionado con las explicaciones emitidas en el aspecto anterior.
- **Costo total:** En este período también resultó la tecnología ecológica la de mejores resultados al proporcionar ahorro respecto a la tradicional de 15 275 CUP y 6975 CUC, pues con la implementación de la nueva tecnología aumenta la capacidad de despulpe, se requiere de una menor capacidad instalada (CV), se suprimen procesos, mecanismos y sistemas que conllevan a un menor consumo de combustible y lubricantes, así como de mano de obra y piezas. De forma general, la tecnología de beneficio ecológica permitió disminuir los costos de inversión y explotación, tanto en CUP como en CUC, en un 42 y un 32,5 %, respectivamente, con relación a la tecnología de

beneficio tradicional, lo que brinda una medida más representativa del coeficiente de efectividad económica de la nueva tecnología sobre la vieja, o sea, por cada peso que se invierta en el beneficio tradicional, ya sea CUP o CUC, solo es necesario invertir 0,58 CUP y 0,69 CUC.

Conclusiones

La tecnología de beneficio ecológico del café con respecto a la tecnología tradicional de beneficio húmedo del café propició:

- Disminuir el consumo de combustible al 32,77 %.
- Incrementar la capacidad de despulpe en hasta 955 kg de café cereza.
- Reducir el consumo de agua al 78,84 %.
- Disminuir el tiempo de secado del café pergamino en 12 h/sol.
- Conservar el peso corporal de café oro al 100 %.
- Reducir el tiempo de duración del proceso de beneficio húmedo del café hasta el secado a 32 h.
- Disminuir los daños mecánicos al café pergamino en el 1 %.
- Reducir el área de instalación en aproximadamente el 50 %.
- Reducir las estructuras de máquinas, mecanismos o sistemas y sincronizar operacional durante el proceso, así como simplificar y eliminar procesos de alta complejidad.
- Reducir los costos en el 42,07 % y en el 30,80 % en CUP y CUC, respectivamente.
- Reducir los volúmenes de agua contaminada en un 78,84 %.
- Mejor disposición de los residuales líquidos y sólidos para su posterior tratamiento o empleo.

Tabla 1. Aspectos técnico-económicos considerados durante la evaluación de la tecnología ecológica respecto a la tecnología de beneficio tradicional

<i>Parámetros</i>	<i>U/m</i>	<i>Beneficio ecológico</i>	<i>Beneficio tradicional</i>
<i>Sección de despulpe</i>			
Capacidad de despulpe	kg de café cereza/h	2000-2500	1545
Revoluciones/minuto necesarias para el correcto despulpe	rpm	500	120
Daños mecánicos originados al café pergamino durante el despulpe	%	0,5	1,5
Zona del pergamino dañada mecánicamente	–	Borde exterior	Borde exterior
Cantidad de café pergamino que se mezcla con la pulpa	%	0	1
Cantidad de pulpa que se mezcla con el café pergamino	g/kg despulpado	3	8
Porcentaje de café pergamino despulpado incorrectamente	%	3	5
Consumo de agua durante el despulpe	L/kg de café pergamino	0,5	6 L/kg de café seco
Número de máquinas repasadoras requeridas	–	0	Hasta 2
<i>Sección de desmucilaginado o lavado</i>			
Capacidad de desmucilaginado o lavado	kg café pergamino/h	1220-1525	943
Revoluciones por minuto necesarias para el desmucilaginado	rpm	600-800	90
Consumo de agua durante el desmucilaginado y lavado	L/kg de café desmucilaginado	2,00	7 L/kg de café seco
Daños mecánicos originados al café durante el desmucilaginado o lavado	L/kg de café desmucilaginado	2	9
Zona o parte del pergamino dañada mecánicamente	–	Borde exterior	Todo el grano
Porcentaje de granos pergamino con restos de mucílago adherido a la superficie después de desmucilaginado o lavado	%	0	0
Porcentaje de granos pergamino con restos de mucílago adherido a la hendidura	%	3	9

<i>Sección de evacuación y clasificación del café despulpado</i>			
Mecanismo encargado de realizar la evacuación y clasificación del café despulpado y su efectividad	–	Zaranda rotativa	Zaranda axial plana
Capacidad de evacuación y clasificación del café despulpado	kg/h	1220-1525	943
Revoluciones por minuto necesarios para la evacuación y clasificación del café despulpado	rpm	120	960
Porcentaje de daños mecánicos originados al café	%	0	0
<i>Sección de evacuación de los residuales</i>			
Mecanismo encargado de la evacuación de los residuales	–	Uñetas o botones acoplados al cilindro cónico de acción vertical Botones o tetos acoplados al cilindro del desmucilagador de acción vertical ascendente	Uñetas o botones acoplados al cilindro de acción horizontal Paletas acopladas a un eje accionado mediante un motor
Revoluciones/min necesarias para la evacuación de los residuales	rpm	Despulpadora = 500 Desmucilagador = 600-800	Despulpadora= 120 Lavadora = 60
Capacidad de evacuación de los residuales	kg/h	780-975	50
Porcentaje de granos pergamino que escapan con los residuales	%	0	Hasta 1,2
Cantidad de residuales que se mezclan con el café pergamino desmucilagador o lavado	g/kg de café pergamino lavado	Hasta 11	Hasta 7
Disposición de los residuales para su manejo y uso	–	Cáscara o pulpa concentrada. Mucílago concentrado y fresco	Cáscara o pulpa concentrada Mucílago mezclado con alto volumen de agua y fermentado
Otros aspectos			
Consumo de combustible	L/t café cereza	2,42	3,60
Consumo de agua durante todo el proceso	L/kg café seco	2,75	13
Tiempo de duración del secado	horas/sol	40	56
Porcentaje de conservación del peso corporal del café beneficiado	%	100	98
Tiempo de duración del proceso de beneficio húmedo hasta el secado	horas	48	80
Área mínima de instalación o montaje	m ²	8	4

Estructuras, máquinas, mecanismos o sistemas requeridos para llevar a cabo el beneficio húmedo del café	–	Casa de máquinas Tolva de recepción o punto de recepción Unidad compacta de beneficio ecológico (sección despulpe, sección de evacuación y clasificación del café despulpado, sección de evacuación de los residuales y sección de desmucilaginado)	Casa de máquinas Tolva de recibo o punto de recepción Sistema de elevación Tanque sifón Despulpadora Sistema de evacuación y clasificación del café despulpado Sistema de evacuación de los residuales Tanques de fermentación Tanque de lavado con su respectiva máquina Patios de secado Laguna de oxidación
Sincronización operacional durante el proceso	–	Sincronizado o armónico	Desincronizado o carente de armonía

Tabla 2. Resultados de la evaluación de los aspectos económicos considerados para ambas tecnologías

Aspectos	<i>Beneficio ecológico</i>		<i>Beneficio tradicional</i>	
	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
Costo de adquisición de la tecnología	8500	8500	7200	7200
Costo de transporte y distribución de la tecnología	5500	5500	4300	1200
Costo de materiales y accesorios adicionales, así como de mano de obra durante el montaje	1125	600	15 000	12 500
Costo total	15 125	14 600	26 500	20 900
Costo de explotación	4000	960	6000	1440
Costo de materiales, mantenimientos y reparaciones durante la campaña	400	25	800	80
Costo de materiales, mantenimientos y reparaciones después de finalizar la campaña	1500	80	3000	220
Costo total	5900	1065	9800	1740
Total general	21 025	15 665	36 300	22 640

Bibliografía

- Alonso, I.: Otra cara no tan dulce. *Bohemia*. : 32-34, 7/6/1999.
- Arias, R.: "Consumo de agua en el proceso de beneficio del café" [inédito], tesis de candidatura. ISCA- Bayamo, 1996.
- Cenicafé: Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. — Material fotocopiado.-- Colombia: CENICAFE, -- 21 p. 1996.
- Cenicafé: Desarrollo de la tecnología BECOLSUB para el Beneficio ecológico del café. Colombia. *Avances Técnicos*. 238:2, 1997.
- CIGEA: Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante en las cuencas hidrográficas de interés nacional y provincial. —II Edición. Documento de trabajo. —Cuba: CITMA, Agencia de Medio Ambiente, CIGEA, —p.2, 5-7, 1999.
- Coste, R.: El café. Técnicas agrícolas y producción tropical. —La Habana. Instituto del libro, 156p., 1969.
- Coste, R.: *Caféiers et cafés*. —París, G.P: Maisonneuve et Larose et A.C.C.T.,—373 p., 1989.
- Cuba: Procesos Industriales del Café. —Equipo especial de Investigaciones Económicas. —La Habana: Instituto del Libro,—p.23-26, 74-78, 1969.
- Cuba: CITMA. Resolución N° 130/95: Reglamento para la inspección estatal ambiental. —La Habana: CIGEA,—p.2-3, 7-8, 1996 a.
- Cuba: CITMA. Resolución N° 168/95: Reglamento para la realización y aprobación de las evaluaciones de impacto ambiental—La Habana: CIGEA,. —p.31-37, 72, 1996 b
- Cuba: Estrategia ambiental nacional. —La Habana: CITMA,— p. 1, 9, 13, 15,24-27, 1997.
- Cuba: Cursor de los noventa. *Per. Juventud Rebelde. Suplemento Científico Técnico*. (28): 1, 1998.
- Cuba-Café: Beneficio ecológico del café. —En: 5° *Encuentro Nacional de Calidad y Catadores de Café*. —Guantánamo,—p.10-11, 1999.
- Cuba-Café: Situación de las despulpadoras de café en septiembre del 2000.-- Informe Técnico. Grupo Corporativo Cuba-Café, p.1-2, 2000.
- Cuba: Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante en las cuencas hidrográficas de interés nacional y provincial. Documento de trabajo. — La Habana: CITMA, Agencia de Medio Ambiente, CIGEA,—17 p., 1999.
- Díaz, Edda: Cuidar la naturaleza. Una contribución a la vida. *Pert trabajadores*. : 6, 20/5/1996.
- FAO: La biodiversidad de la naturaleza, un patrimonio valioso. —Dirección Informativa. FAO. —Roma, p.18, 1993.
- García, R. A.: Efecto de la agricultura intensiva industrial sobre el medio ambiente.En: *Conferencia de Agricultura Orgánica Internacional*. —La Habana, —p. 25-30, 1995.
- Holmes, R. V.: Conservation of mater in coffee processing. *Kenya Coffee* 122-125, 1961.
- Kenya: Better Coffee Farming. Processing of Coffee. *Kenya Coffee* 56(661): 1207-1209, 1991.
- Macías, M.: "Determinación de la eficiencia técnico – económica en las máquinas de despulpe más usadas en el municipio Tercer Frente" [inédito], tesis de candidatura. ISCA- Bayamo, 1996.
- Martínez, J. M.; Bárbara Garea y Grisel Herrero: El desarrollo sostenible de la montaña en Cuba: perspectivas de la actividad científica y tecnológica. En: *Cuba Verde. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI*. —Editorial José Martí, Instituto Cubano del Libro, 1999.
- Matak, Vivian; Gloria I. Puerta y N. Rodríguez: Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café. *Cenicafé* 48(4):234-252, 1997.
- Nosti, J.: Cacao y Café. —Edición Revolucionaria. —La Habana: Instituto del Libro, —p. 620-648, 1970.
- Puerta, G. I.: Evaluación de la calidad del café colombiano procesado por vía seca. *Cenicafé* 47(2): 85-90, 1996.
- Roa, G.; Oliveros, C. E.; Sanz, J. R. ; Álvarez, J.; Ramírez, C. A. y J. R. Álvarez: Desarrollo de la tecnología BECOLSUB para el beneficio ecológico del café. *Avances Técnicos*. (238):1, 1997.
- Rodríguez, Agneris: Bacterias que curan. *Per. Juventud Rebelde. Suplemento Científico Técnico*: 3, 21/2/1999 a.
- Serna, V.M. y col.: El cultivo del cafeto en México: Programa de Colaboración Técnica e Investigación Aplicada para el fomento de la caficultura. —México: INMECAFE, —248 p, 1990.
- Traba, J. A, Alina Marañón, Rosa C. Bermúdez, Verdecia, M. de J.; María de los A. Santana y M. Fernández: Caracterización de residuales sólidos del café, sp *Coffea arabica* L.*Ciencia* 45: 375-380, 1994.

Viñas, M.; Rubio, N. y R. García: Tratamiento de residuales agropecuarios. —En: *II Congreso AIDIS de Norteamérica y el Caribe, IV Congreso de la Asociación Cubana de Ingenieros Sanitarios y Ambientales, II Taller Internacional de Tratamientos de*

Residuales Líquidos. —Santiago de Cuba,—p.8-10, 1995.

Zambrano, D. y J. Zuluaga: Balance de materia orgánica en un proceso de beneficio húmedo del café. *Cenicafé.44 (2):* 45-55, 1993.

UTILICE LAS CARTAS TECNOLÓGICAS DE CAFÉ

En la Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente se informatizaron las Cartas Tecnológicas para el cultivo del café, con vistas a ser más eficientes en los cálculos de:

- *Respaldos productivos*
- *Gastos de insumos*
- *Resumen de gastos*

Para contribuir a un mejor reordenamiento cafetalero

Mayor información en: agrotecnia3@tercerfrente.inaf.co.cu