

ANÁLISIS DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ: EXPERIENCIA DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

Juan José Giraldo-Quintero¹, Carlos David Niño-Méndez²,
Zulma Vianchá-Sánchez³

¹ Joven investigador Colciencias, estudiante de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia

² Joven investigador Colciencias, estudiante de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: nino.carlos1@uniagraria.edu.co

³ Magíster en Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en Logística, Universidad de la Sabana. Profesora, Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia

Fecha de recibido: 20 de diciembre del 2016 Fecha de aprobado: 30 de marzo del 2017

Cómo citar este artículo: J. J. Giraldo-Quintero, C. D. Niño-Méndez, Z. Vianchá-Sánchez, "Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia)", *Ingeniería Solidaria*, vol. 13, n.º 22, pp. 121-135, mayo de 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v13i22.1839>

Resumen. *Introducción:* el artículo es producto de la investigación "Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá", desarrollada durante el 2016 en la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria). Esta investigación hace parte del Centro de Investigación, Innovación Social y Transferencia Tecnológica de Viotá (CIISTT), y es resultado de la convocatoria Jóvenes Investigadores e Innovadores, en alianza SENA-Colciencias. *Metodología:* se caracterizó el proceso de beneficio del café en fincas productoras del municipio de Viotá por medio de una lista de chequeo, la cual se estructuró de acuerdo con la metodología PEPSU y 5M, que consiste, por un lado, en analizar proveedores, entradas, procesos, salidas y usuarios; y por otro, maquinaria e instalaciones, métodos, mano de obra, materia prima y medio ambiente. *Resultados:* se establecieron las condiciones actuales del proceso de beneficio del café, caracterizando las etapas de recibido, despulpado, manejo de la pulpa, remoción de mucílago, lavado y clasificación, secado, ensaque, almacenamiento y transporte. *Conclusiones:* con el fin de mejorar el proceso de transformación de café, es necesario considerar la disponibilidad y funcionalidad de la maquinaria e infraestructura, las competencias de los colaboradores, el buen estado del café cereza proveniente del cultivo, la estandarización y el control del proceso, así como velar por el mínimo impacto en el medio ambiente.

Palabras clave: café, prácticas, proceso, tecnología, transformación.



ANALYSIS OF GOOD PRACTICES IN THE COFFEE MILLING PROCESS: STUDY EXPERIENCE IN THE MUNICIPALITY OF VIOTÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

Abstract. *Introduction:* The article results from the research *Analysis of good practices in the coffee milling process: Study experience in the municipality of Viotá*, conducted during 2016 at the Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria). This research is part of the Viotá Center for Research, Social Innovation and Technological Transfer (CIISTT), and is the result of the call Young Researchers and Innovators, under the SENA-Colciencias partnership. *Method:* The coffee milling process in producing farms of the municipality of Viotá was characterized by a checklist, which was structured according to the PEPSU and 5M methodology. This consists, on the one hand, in analyzing suppliers, inputs, processes, outputs and users; and on the other, machinery and facilities, methods, labor, raw material and environment. *Results:* The present conditions of the coffee milling process were established, characterizing the stages of receiving, pulping, pulp handling, mucilage removal, washing and sorting, drying, bagging, storage and transportation. *Conclusions:* In order to improve coffee processing, it is necessary to consider the availability and functionality of machinery and infrastructure, the skills of employees, the good condition of coffee cherry from the crop, standardization and process control, as well as to ensure the minimum impact on the environment.

Keywords: coffee, practices, process, technology, transformation.

ANÁLISE DE BOAS PRÁTICAS NO PROCESSO DE BENEFÍCIO DO CAFÉ: EXPERIÊNCIA DE ESTUDO NO MUNICÍPIO DE VIOTÁ (CUNDINAMARCA, COLÔMBIA)

Resumo. *Introdução:* este artigo é produto da pesquisa “Análise de boas práticas no processo de benefício do café: experiência de estudo no município de Viotá”, desenvolvida durante 2016 na Fundação Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria). Esta pesquisa faz parte do Centro de Pesquisa, Inovação Social e Transferência Tecnológica de Viotá (CIISTT, por sua sigla em espanhol), e é resultado do edital Jovens Pesquisadores e Inovadores, em parceria entre o Sena e o Colciencias. *Metodologia:* caracterizou-se o processo de benefício do café em fazendas produtoras do município de Viotá, por meio de uma lista de checagem, a qual foi estruturada de acordo com a metodologia pepsu e 5m, que consiste, por um lado, em analisar fornecedores, entradas, processos, saídas e usuários; por outro, maquinaria e instalações, métodos, mão de obra, matéria-prima e meio ambiente. *Resultados:* estabeleceram-se as condições atuais do processo de benefício do café, caracterizando as etapas de recebido, despulpagem, manuseio da polpa, mucilagem, lavagem e classificação, secagem, embalagem, armazenamento e transporte. *Conclusões:* a fim de melhorar o processo de transformação de café, é necessário considerar a disponibilidade e a funcionalidade da maquinaria e da infraestrutura, as competências dos colaboradores, o bom estado do café cereja proveniente do cultivo, a padronização e o controle do processo, assim como zelar pelo mínimo impacto no meio ambiente.

Palavras-chave: café, práticas, processo, tecnologia, transformação.

1. Introducción

La cadena productiva del café está integrada por tres eslabones. En el primer eslabón, se encuentra la siembra, la recolección y el beneficio del café; en el segundo, se agrega valor al producto a través de la trilla (separación de la cascarilla del grano verde), la tostión, la molienda y el empaque; y, en el tercer eslabón, se realiza la distribución y comercialización del producto [1]. Esta investigación está centrada en el primer eslabón de la cadena productiva del café, específicamente en el análisis de las condiciones de calidad del proceso de beneficio.

En la producción agrícola, es determinante garantizar la calidad, la sanidad e inocuidad de los alimentos, especialmente por las tendencias de consumo mundial que presentan cada vez más exigencias, al crear normas más estrictas para la producción y el manejo de alimentos [2]. Estas exigencias también están orientadas a la protección del medio ambiente y a la seguridad de las personas en la producción [3]. Una parte de los requisitos para los procesos de exportación, específicamente para el sector cafetero, está relacionada con aspectos tales como la humedad del grano, el límite permitido de defectos del mismo, el control de infestación, el olor, el color y la prueba de taza, todos fijados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), con el fin de atender los parámetros nacionales e internacionales de calidad del café [4]. Colombia se ha caracterizado por ser el tercer país con mayor producción de café a nivel mundial, con una participación entre el 2014 y el 2015 del 8 % de la producción mundial, solo por debajo de Vietnam con el 20 %, y de Brasil con el 33 % [5]. Sin embargo, en el último periodo se presentó una reducción de las exportaciones, pues se pasó de exportar 624 420 toneladas de café en el periodo de enero del 2015 a octubre del 2015, a exportar 605 040 toneladas de café para el mismo periodo del 2016, lo que representó una variación del 3 % en las exportaciones [6].

Parte de los ejercicios que ha emprendido el sector cafetero a fin de mejorar la calidad del café y aumentar la participación en el mercado, es la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM).

Las BPA buscan reducir los riesgos asociados a la salud pública, el medio ambiente y consideraciones de inocuidad [3, 7]. En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente establece los requisitos para dar cumplimiento a las BPA [8]. Particularmente, para las actividades primarias

de producción, relacionadas con preparación, mantenimiento del cultivo y recolección, se deben tener en cuenta requisitos y principios de higiene e inocuidad, que incluyen: manejo del suelo, selección de variedades, calidad y sanidad del material de propagación, fertilizaciones de acuerdo con necesidades del cultivo, rotación de cultivos, uso adecuado del agua, manejo integrado de plagas y enfermedades, manipulación, empaque, transporte y almacenamiento del producto [9, 3, 7].

El proceso de beneficio comprende la transformación del café cereza a pergamino. Así, las BPA buscan garantizar la recolección de granos con madurez adecuada, despulpado y remoción del mucílago en condiciones higiénicas, fermentación, lavado, clasificación, secado, empaque y almacenamiento controlado, con el propósito de evitar contaminación del producto [10, 7]. El beneficio es posiblemente el proceso más importante para lograr un grano de café de alta calidad [11]. Durante este proceso, se obtiene el café pergamino seco, estado en que se comercializa mayormente el café en Colombia [12]. En los últimos 12 meses, por ejemplo, la producción ha subido un 3 %, pasando de 816 000 toneladas de café pergamino seco en el periodo de noviembre del 2014 a octubre del 2015, a 842 160 toneladas en el mismo periodo del 2016 [6].

Por su parte, las BPM buscan garantizar la inocuidad y calidad del producto a lo largo de las etapas del proceso de transformación, lo cual incluye aspectos tales como localización, diseño y construcción de edificaciones e instalaciones, materiales y diseño de los equipos y utensilios, formación y prácticas de la mano de obra, aseguramiento y control de calidad, requisitos higiénicos en la fabricación, el almacenamiento, el transporte y la comercialización [2, 7]. Estas prácticas en Colombia las vigila el Ministerio de Salud, a través del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) [13]. Particularmente, en el proceso productivo del café, las BPM se aplican en las etapas de torrefacción, tostión y molienda [14].

La entidad pionera en investigaciones relacionadas con BPA para el beneficio del café, es el Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFÉ), el cual ha estudiado prácticas, tecnologías e instalaciones para el procesamiento del café conservando la inocuidad, higiene y calidad de los diferentes estados del grano a lo largo del proceso de beneficio [15].

A continuación, se presentan algunas investigaciones relacionadas con el procesamiento del café y la disminución de impactos ambientales:

- Buenas prácticas en las condiciones de arribo del café [7].
- Buenas prácticas en el beneficio del café [7, 11, 16-20].
- Buenas prácticas de higiene y saneamiento en el procesamiento y almacenamiento [7], y características de los tanques fermentadores [17].
- Buenas prácticas en el secado del café [21]; reducción de tiempo de secado [22]; control de humedad [23].
- Buenas prácticas en la comercialización de café pergamino húmedo [24].
- Proceso de despulpado: placa de distribución vibro elástica para despulpadoras de café en la separación de granos verdes y maduros [25].
- Proceso de lavado: paleta plástica para el lavado del café con menor esfuerzo [26]; separador hidráulico de tolva y tornillo sin fin (SHTTS), en la flotación de material liviano y retención de impurezas [27].
- Proceso de secado: secadores de café mecánicos y solares [21]; secador parabólico [28]; Gravimet SM para el control de la humedad del grano en secadores mecánicos [29]; secado por liofilización [30].
- Proceso de fermentación: Enzima Zymucil para acelerar fermentación [31]; tanque tina [16]; Fermaestro para control de fermentación [32]; levaduras *p.fermentans* γ C5.2 y *saccharomyces* sp. γ C9.15 para controlar y estandarizar el proceso de fermentación [33].
- Tecnología Becolsub que permite el manejo de subproductos, reducción del consumo de agua hasta de un 95 %, al controlar en más del 90 % la contaminación de las aguas [34].
- Tecnología Ecomill que permite el manejo de subproductos, reducción del consumo de agua de hasta un 50 % en comparación con el Becolsub, al controlar hasta en un 100 % la contaminación de las aguas [35].
- Tratamiento anaeróbico de las aguas residuales que permite la reducción en la carga contaminante, al permitir la depuración del agua contaminada gracias microorganismos anaeróbicos [36].

Otro tema que ha sido investigado se relaciona con las competencias del personal que realiza las actividades del beneficio del café. Se identificó que el personal debe cumplir los requisitos de higiene y seguridad laboral [7], así como tener las competencias de acuerdo con perfiles como los de los recolectores de café, los gestores de empresas agropecuarias, los técnicos, tecnólogos y administradores de empresas, los bioquímicos e ingenieros agrónomos. De igual forma, competencias genéricas tales como: capacidad investigativa, liderazgo y solución de problemas, entre otras, y las competencias específicas de acuerdo con el perfil ocupacional [37].

Los estudios y avances técnicos que se han desarrollado, tanto a nivel nacional, como internacional, están más relacionados con las etapas de fermentación y secado en el beneficio del café; sin embargo, para el beneficio del café se deben tener en cuenta las metodologías, las tecnologías, la infraestructura, la mano de obra, la materia prima y las actividades realizadas a lo largo de las etapas del proceso de transformación del grano, a fin de garantizar un adecuado procesamiento, lo cual puede tener impactos en la calidad [7].

Esta investigación se centra en el análisis de las prácticas asociadas al beneficio del café, al comparar las prácticas propuestas en las BPA con el estado del sistema productivo del café en el municipio de Viotá. Así, con esto busca identificar brechas tecnológicas en la capacidad y el uso de instalaciones y equipos, así como brechas productivas enfocadas a las prácticas y metodologías empleadas, con el fin de identificar oportunidades de mejora para este proceso productivo. Este tipo de análisis es útil para los productores de café, pero también para los investigadores, ya que permite identificar temas que pueden ser abordados desde la academia, y así fortalecer el sistema productivo.

2. Metodología

2.1 Descripción de la zona de estudio

El municipio de Viotá está ubicado al sur occidente del departamento de Cundinamarca, sobre el piedemonte de la Cordillera Oriental, a 86 km de Bogotá. Limita con los municipios de Apulo, Anapoima, El Colegio, Granada, Silvania, Tibacuy,

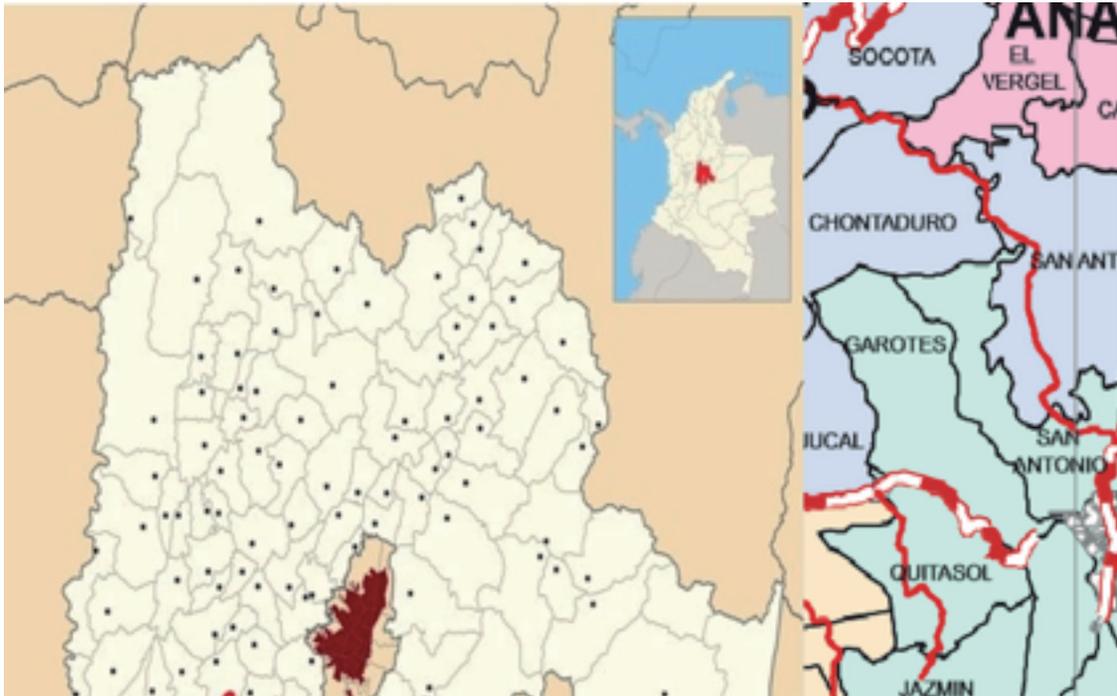


Figura 1. Localización del municipio de Viotá en el departamento de Cundinamarca y localización de los productores en las veredas del municipio

Fuente: adaptado de [40] y [41]

Nilo y Tocaima. Este municipio cuenta con una superficie total de 20 800 hectáreas, de las cuales 20 667 son rurales y 133 son urbanas. De estas 20 667 hectáreas rurales, 14 560 hectáreas corresponden a pequeños productores con minifundios menores a 5 hectáreas, y las 6107 hectáreas restantes, son explotaciones mayores. El 67,8 % del sector rural se dedica con exclusividad a las labores agrícolas, especialmente en la producción del café, de manera que se considera el primer municipio productor de café del departamento [38], y participa con un 9,86 % de la producción registrada en Cundinamarca para el 2014 [39]. La presente investigación se realizó, específicamente, en las veredas de Lagunas, Puerto Brasil, La Florida y Bajo Palmar (véase la figura 1).

2.2 Descripción de la población objetivo

Esta investigación se realizó con la Asociación de Productores de Café de Viotá (Aprocavi), la cual cuenta con 19 miembros; de estos, se visitaron 11 productores que actualmente tienen una producción constante de café, ya que, en razón a las

condiciones climáticas, el restante de los productores de la asociación cambió su actividad agrícola de café por otros cultivos más adaptables a las condiciones de la zona.

Por medio de la técnica de muestreo de avalancha o bola de nieve, un productor de la asociación de Aprocavi recomendó a otro productor de la misma asociación, y a su vez este nuevo productor recomendó a más productores con base en el concepto de red social, lo que facilitó el acceso a productores difíciles de identificar y llegar así a la caracterización del proceso de beneficio del café de los 11 productores de la asociación que actualmente producen café [42].

2.3 Instrumento de recolección de información

A fin de caracterizar el proceso de beneficio del café e identificar las brechas tecnológicas y productivas, se estudiaron las etapas del proceso, la infraestructura requerida, las tecnologías aplicables al proceso, las condiciones de arribo de la materia prima, el manejo del recurso hídrico y las competencias necesarias del personal.

Este análisis se realizó utilizando la matriz de diagnóstico de procesos PEPSU (SIPOC por sus siglas en inglés), la cual tiene como propósito mapear los procesos, con el fin de conocer toda la cadena de eventos de principio a fin. Asimismo, es útil para orientar una discusión y ayudar a establecer un lenguaje común, y la comprensión de los procesos que permitan la identificación de oportunidades de mejora. Esta herramienta permite, a su vez, analizar el proceso y su entorno, al identificar proveedores, es decir, aquellas entidades o personas (internas o externas al sistema de producción) que proporcionan entradas tales como materiales, información y otros insumos; esto es, las entradas o materiales, la información y los demás insumos necesarios para realizar los procesos, e identificar los requisitos por cada uno. De igual forma, el proceso o conjunto de actividades interrelacionadas que transforman las entradas en productos, las salidas o resultados de un proceso, que pueden ser bienes o servicios. Por último, los usuarios o clientes —quienes reciben los productos—, pueden ser internos o externos. Este análisis permite identificar las principales variables de entrada y salida de cada proceso, las especificaciones de operaciones actuales, y los procesos que agregan o no valor [43, 44].

Con esta información, se diseñó una lista de chequeo, la cual se basó en identificar los aspectos clave dentro de las etapas del proceso de beneficio en términos de tecnologías, instalaciones, prácticas, metodologías y medio ambiente, siguiendo la metodología de las cinco emes, la cual permite un análisis estructurado en cinco pilares dentro de un proceso, con el fin de establecer una visión detallada de todas las etapas del mismo: el estado de la maquinaria, los equipos e instalaciones, y así determinar las capacidades, la funcionalidad, la disponibilidad, las herramientas y los mantenimientos. De igual modo, el método que permita determinar el grado de estandarización de los procesos, así como su descripción; la mano de obra para revisar las competencias, habilidades y capacidades de quienes realizan los procesos; la materia prima o los materiales utilizados, con el fin de identificar su variabilidad (precios, volúmenes, ubicación, etc.), y las características de los proveedores; y el medio ambiente, de manera que sea posible determinar el grado de afectación e impacto del proceso en el ambiente. Estos cinco componentes permitieron conocer, de manera global, todo el proceso, e identificar las características que poseen las etapas

del mismo en cada uno de estos cinco componentes [43]. Esta lista de chequeo fue aplicada en las 11 fincas que se visitaron, caracterizando de esta forma el proceso de beneficio del café realizado en ellas.

3. Resultados

La caracterización del proceso de beneficio del café permitió identificar las condiciones que afectan la calidad del café. En primer lugar, se identificaron dos tipos de beneficio: por un lado, el beneficio del café ecológico, el cual utiliza la tecnología Becolsub, y realiza la remoción del mucílago mecánicamente [34]; y por otro, el beneficio del café tradicional, el cual realiza la remoción del mucílago por fermentación natural (véase la figura 2).

En segundo lugar, se identificaron los aspectos relacionados con maquinaria, instalaciones, mano de obra, método, medio ambiente, materia prima e insumos, para cada una de las etapas del proceso de beneficio del café.

3.1 Recibido del café

El recibido del café cereza se realiza, generalmente, a las doce del día y a las cinco de la tarde en la época de la cosecha principal, momento en el que se recibe el café recogido por los jornaleros y se pesa para determinar el pago por kilogramo cosechado. Así, se realiza un pago de 400 pesos por kilogramo de café cereza recolectado para su posterior almacenamiento, en el que la mayoría de productores (82 %) almacenan el café menos de 10 horas, y los demás (18 %) lo almacenan por más de 10 horas. Recolectan todo tipo de granos (verdes, maduros, sobremaduros) en la cosecha (véase la figura 3).

Con relación a la mano de obra, el proceso de recepción del café cereza lo realizan, habitualmente, los dueños o colaboradores de la finca. En esta actividad, por lo general, participan una o dos personas, quienes reciben el café recolectado por los jornaleros. En este proceso algunos productores utilizan sistemas para el transporte del café cereza al sitio de almacenamiento, como, por ejemplo, un sistema de poleas, con el propósito de evitar sobrecarga de peso de los colaboradores, así como un sistema de transporte hidráulico que aprovecha la gravedad para llevar el café hasta la tolva de recibido, utilizando agua a fin de lubricar la tubería (véase la figura 4).

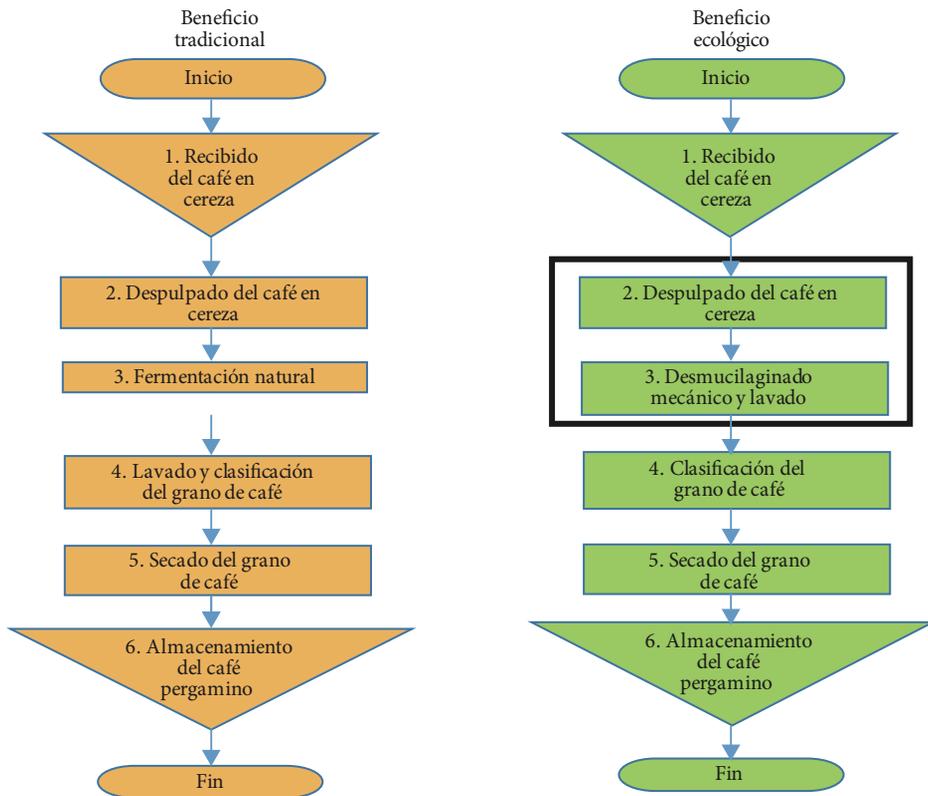


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de beneficio del café tradicional y ecológico
Fuente: elaboración propia

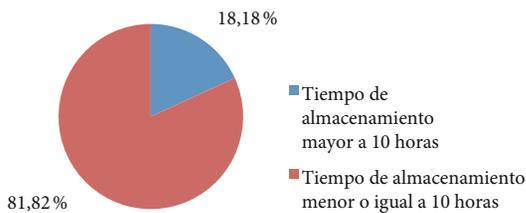


Figura 3. Tiempo de almacenamiento del café cereza
Fuente: elaboración propia

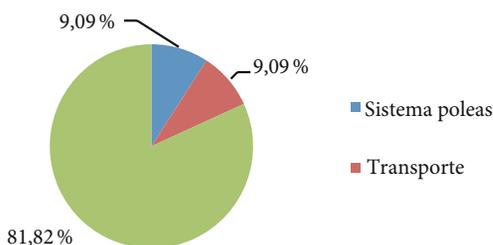


Figura 4. Sistemas de transporte para la recepción del café cereza
Fuente: elaboración propia

La infraestructura de recibido es básica; utilizan tolvas de almacenamiento de concreto o de madera.

3.2 Despulpado del café

En el despulpado, generalmente, participan una o dos personas. En la mayoría de las fincas se realiza el mismo día de la cosecha, y en tiempos de la cosecha principal se hacen dos despulpos diarios. Algunas fincas realizan el despulpado al día siguiente de la cosecha, debido, principalmente, al bajo volumen de producción, acumulando por varios días las cerezas recogidas hasta considerar un volumen suficiente, y así realizar el proceso de beneficio (véase la figura 5).

En la mayoría de las fincas se deja caer la pulpa directamente al suelo, para, posteriormente, recogerla por medios mecánicos o manuales; sin embargo, quedan residuos de pulpa en el suelo que se acumulan. En esta operación ninguna de las fincas utiliza agua para transportar el café en cereza a la despulpadora; este proceso se realiza por medio de gravedad o sistemas que no implican la utilización de agua.

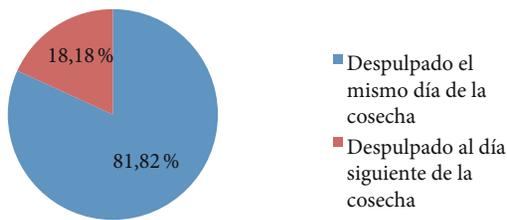


Figura 5. Tiempo de despulpado del café posterior a la cosecha

Fuente: elaboración propia

El proceso de despulpado, básicamente, se lleva a cabo por medio de despulpadoras manuales, al adaptar un motor eléctrico cuando la cosecha es grande, y algunos emplean despulpadoras eléctricas (véase la figura 6).

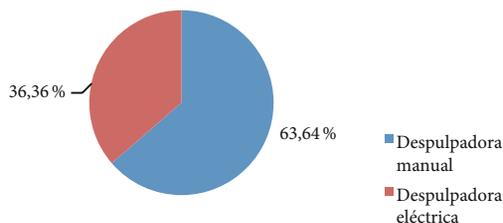


Figura 6. Tipos de despulpadora

Fuente: elaboración propia

El proceso de mantenimiento preventivo o limpieza periódica se realiza en apenas cinco de las 11 máquinas (véase la figura 7).

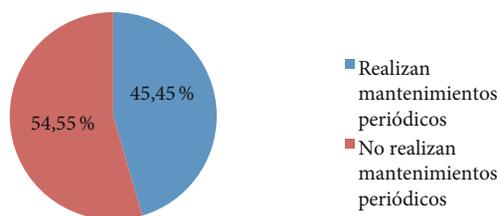


Figura 7. Mantenimiento o limpiezas a las despulpadoras

Fuente: elaboración propia

3.3 Manejo de la pulpa

La pulpa del café la aprovecha la totalidad de los productores, en lo cual se observó que los mismos dueños de las fincas son quienes realizan el manejo y transporte de la pulpa, y son una o dos personas las encargadas de este proceso, ya sea al sitio de

almacenamiento de subproductos, o directamente a los cultivos.

Para el transporte de la pulpa, utilizan palas y baldes, y uno de los productores utiliza el almacenamiento temporal de pulpa y mucílago del BECOLSUB, así como un tornillo sin fin para su transporte (véase la figura 8). Se observó que la pulpa en descomposición genera lixiviados que se filtran al suelo.

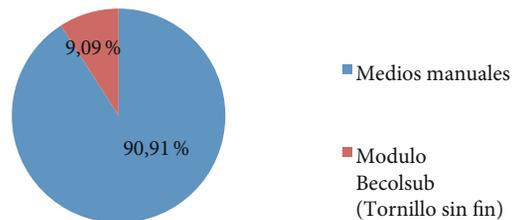


Figura 8. Transporte de la pulpa

Fuente: elaboración propia

Para el manejo de la pulpa, se cuenta con sitios de almacenamiento, contruidos con muros de ladrillo o guadua y pisos de concreto, y, en algunos casos, techados. Sin embargo, gran parte de los productores carecen de una infraestructura para el almacenamiento de la pulpa (véase la figura 9).

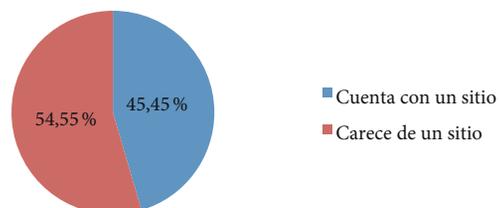


Figura 9. Sitio de almacenamiento de la pulpa

Fuente: elaboración propia

3.4 Remoción del mucílago

En la mayoría de las fincas se realiza la remoción del mucílago del café por fermentación natural, sin embargo, se presentan diferentes métodos para realizar esta fermentación (véase la figura 10). Algunos productores fermentan en tanques, unos con dos tanques de fermentación con el fin de fermentar por lotes, mientras otros cuentan con solo un tanque. Algunas fincas utilizan canecas, en las cuales se realiza la fermentación; una finca realiza la fermentación en patio amontonando el café, y otra deja el café en baba en una lona para su fermentación (véase la figura 11). No obstante, una

finca realiza desmucilaginado mecánico, esto es, por la acción mecánica de rotación del desmucilagador, que desprende el mucílago del grano sin necesidad de fermentar el mucílago.

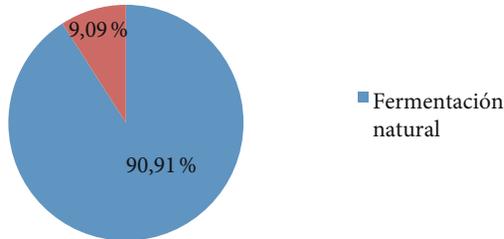


Figura 10. Método para la remoción del mucílago
Fuente: elaboración propia

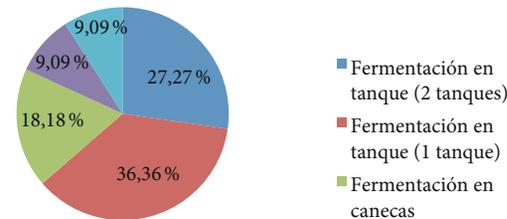


Figura 11. Tipos de fermentación
Fuente: elaboración propia

Para la remoción del mucílago del café, se observó que los mismos dueños, o un colaborador de la finca, realizan la fermentación. Este proceso, en general, consume una cantidad importante de agua para lograr desprender el mucílago del grano.

3.5 Lavado y clasificación del café

El lavado del café se realiza, en la mayoría de las fincas, con agua que proviene de quebradas y nacimientos. Algunos utilizan agua proveniente de los acueductos veredales (véase la figura 12).

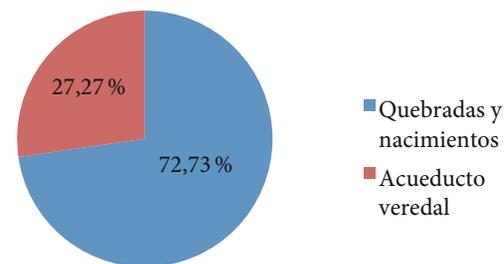


Figura 12. Procedencia del agua
Fuente: elaboración propia

Los enjuagues del lavado se realizan en canal de correteo, y algunos realizan solo un enjuague a la masa de café, otros dos enjuagues, y otros hasta tres enjuagues. Algunas fincas realizan el lavado en tanques o canecas y realizan hasta cuatro enjuagues. Una de las fincas lava en patio, y realiza solo un enjuague suministrando el agua por medio de una manguera. Finalmente, en una finca se lava con un desmucilagador Deslim, integrado al módulo Becolsub, seguido de un enjuague final en un tanque de lavado (véase la figura 13).

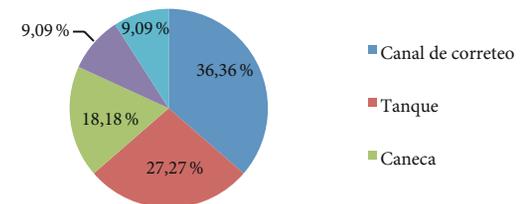


Figura 13. Método para el lavado del grano
Fuente: elaboración propia

La mayoría de las fincas realizan la clasificación del grano en el último enjuague, y unos pocos no realizan clasificación del grano (véase la figura 14). Para el lavado y clasificación del café se observó que los mismos dueños o un colaborador de las fincas son quienes realizan el lavado y la clasificación del café.

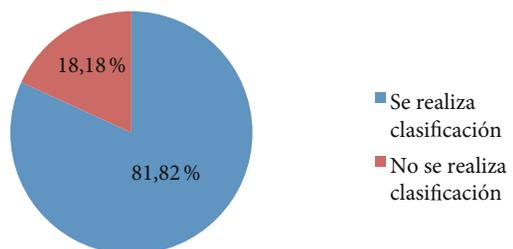


Figura 14. Clasificación del café pergamino húmedo
Fuente: elaboración propia

En la mayoría de las fincas no se realiza tratamiento a las aguas residuales del lavado. En una de ellas, aunque tiene un sistema que controla la mayor parte de la contaminación de las aguas, la parte restante sale como aguas residuales del lavado, a las que no se le realiza ningún tratamiento; solo una finca tiene una fosa para depositar las aguas residuales del lavado previo al vertimiento (véase la figura 15).

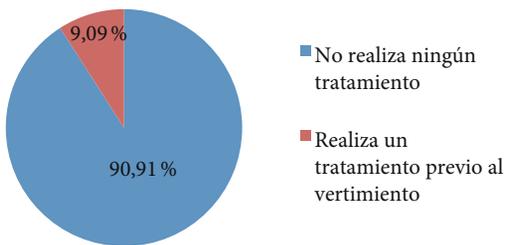


Figura 15. Tratamiento de las aguas residuales

Fuente: elaboración propia

3.6 Secado del café

El secado se realiza por medio de secadores mecánicos y solares. En esto se encontró el secado solar por medio de elba de secado, y elba de techo corredizo, secadores parabólicos, paseras de secado y secado en patio, secado mecánico en el cual se encuentra un secador eléctrico y uno a gas, y algunas de las fincas no realizan el secado del café, comercializándolo húmedo (ver figura 16).

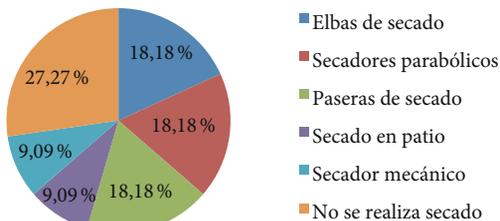


Figura 16. Método para el secado del café

Fuente: elaboración propia

Para el secado del café, se observó que los mismos dueños de las fincas son quienes realizan el secado del café, siendo una o dos personas las encargadas de esta operación.

3.7 Empaque del café

La mayoría de las fincas inspeccionan y lavan las lonas antes del ensaque (estas lonas son nuevas) y, además, clasifican el café antes del ensaque. Sin embargo, algunas fincas reutilizan las lonas de abonos y fertilizantes y no realizan clasificación previa (véase la figura 17).

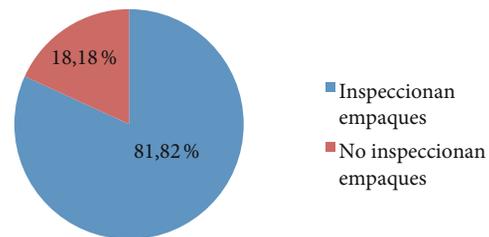


Figura 17. Inspección del estado de los empaques

Fuente: elaboración propia

3.8 Almacenamiento del café

La mayoría de las fincas no realizan almacenamiento del café pergamino seco. Lo llevan a comercializar tan pronto se termina el proceso de empaque. Apenas dos fincas almacenan en cuartos, generalmente, de la misma casa de habitación (véase la figura 18).

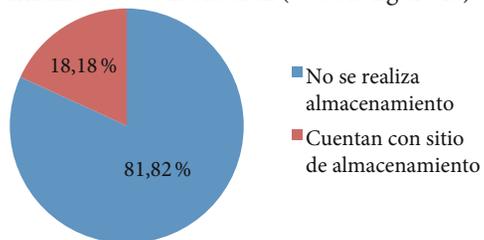


Figura 18. Almacenamiento del café

Fuente: elaboración propia

3.9 Transporte del café

El café ensacado se lleva en las rutas de transporte público interveredal, en el que el productor, junto con el conductor y el ayudante, cargan el café en el vehículo de transporte junto a otros productos e insumos agrícolas de la zona. En algunas ocasiones, cuando la cosecha es abundante, el productor contrata transporte particular. En caso de lluvia, el café se tapa con plásticos durante el trayecto.

3.10 Comercialización del café

El café en Viotá básicamente, se comercializa de dos maneras: por la cooperativa Codecafé, que la vende directamente a la Federación de Cafeteros, y por intermediarios. La cooperativa utiliza el factor de

rendimiento de trilla¹ a fin de determinar el precio y valora aspectos tales como la humedad del grano; por ejemplo, una carga (125 kg) de café pergamino seco, se paga a \$ 850 000² COP; el café pergamino oreado, a \$ 420 000 COP; el café húmedo, aunque no hay un precio exacto, está por debajo de los \$ 400 000 COP; y las pasillas, aproximadamente a \$ 200 000 COP. Otros aspectos que se evalúan en el momento de la compra son: la presentación en la que se revisa si los granos están mordidos, partidos, picados por insectos o negros, entre otros, y el olor, en el que se revisa que el grano esté libre de aromas desagradables, como elevada fermentación o sobremaduración. Además, se revisa el tipo de empaque, del cual sugiere sean costales nuevos de fique. La cooperativa considera que los principales problemas asociados al proceso de comercialización en Viotá están relacionados con los defectos del grano (partidos y mordidos), el exceso de humedad, el deficiente transporte —en el que el producto se somete a contacto con diversos agentes contaminantes—, y el uso de empaque inadecuado, pues se usan lonas de plástico que pueden elevar la humedad.

Por otro lado, los intermediarios compran café oreado, húmedo, seco y pasillas, determinan el precio del café por el porcentaje de pasillas y por el grado de humedad que tiene el café, aspectos que se evalúan solo de manera visual. Los defectos identificados por los intermediarios están asociados con el exceso de pasillas y café brocado.

4. Discusión

Como se ha mencionado, la cadena productiva del café está integrada por los eslabones de siembra, recolección y beneficio del café [1]. Esta investigación está centrada en el primer eslabón de la cadena productiva del café, específicamente en el análisis de las condiciones de calidad del proceso de beneficio, por considerar que el beneficio es posiblemente el proceso más importante para lograr un grano de café de alta calidad [11]. Este proceso requiere controlar la recolección, el despulpado, la remoción del mucílago, la fermentación, el lavado, la clasificación, el secado, el empaque y el almacenamiento

[7, 10]. En esta tarea, la aplicación de mejores prácticas, el uso de tecnologías adecuadas y la formación técnica del personal son determinantes para lograr un producto que cumpla con los estándares del mercado.

Particularmente, en el caso de estudio se identificó que, tanto las prácticas de manejo del producto en el proceso de beneficio, como la infraestructura disponible, deben ser mejoradas para obtener café pergamino con mejores características de humedad, olor y presentación. En los siguientes apartados se hace un análisis entre las prácticas identificadas en las fincas y las sugeridas por la literatura, con el fin de establecer oportunidades de mejora que contribuyan a aumentar la aceptación del producto por parte de los compradores.

4.1 Recepción del café

La recolección del café se realiza de forma manual, pero en ninguna finca se lleva a cabo la clasificación al momento de la recepción del café en finca, lo cual permite el ingreso de granos verdes y sobremaduros al proceso de despulpado, lo que afecta la calidad futura del café pergamino. Ahora bien, es necesario controlar la madurez del café cereza. Una forma puede ser al prestar atención al cambio de color del grano y generar sistemas de bonificación para los recolectores, de acuerdo con la cantidad de café cereza maduro recogido.

En el almacenamiento del café cereza, pocos productores tienen en cuenta el tiempo máximo que debe ser almacenado el café antes de la operación de despulpado, situación que podría generar procesos de fermentación antes de tiempo. Además, se almacena en lugares susceptibles de contaminación. Esto implica controlar el proceso de almacenamiento del café cereza, teniendo en cuenta el tiempo, ya que el café no debe superar las diez horas de almacenamiento después de su recolección, y debe estar ensacado para el almacenamiento en bodegas o en tolvas de recepción a granel [7]. Para facilitar este proceso se podría llevar un control de los lotes de café cereza recolectada, con el fin de establecer el tiempo máximo que debe estar almacenado, y así definir los periodos de despulpado para el café cosechado diariamente. Este tipo de prácticas pueden repercutir más adelante en aspectos tales como el aroma del café o la presencia de mohos.

1 Según la FNC, es la cantidad de café pergamino necesario para obtener un saco de 70 kilos de café Excelso (tipo exportación), que se determina durante el proceso de trilla.

2 Aunque el precio del café, según los compradores, varía de acuerdo con los precios de la bolsa del café en Nueva York.

4.2 Desulpado del café

Algunos de los productores no realizan mantenimientos preventivos a las máquinas desulpadoras, lo cual aumenta las fallas de los equipos, disminuye la disponibilidad por paro de la maquinaria y por arreglos de las mismas. Además, impacta negativamente la presentación del grano que no queda bien desulpado, o sufre daños mecánicos, aspecto evaluado por los compradores. Es necesario garantizar la disponibilidad y la funcionalidad de los equipos, realizando calibraciones y mantenimientos preventivos periódicamente [7]. Esto se facilita al establecer un cronograma de mantenimientos, así como con el uso de equipos tales como el separador de tolva, o el tornillo sin fin que permitirá realizar una clasificación previa del café cereza. También mediante la retención de impurezas que pueden afectar su funcionamiento, garantizando un menor deterioro de las máquinas [27].

4.3 Manejo de la pulpa

Algunos productores carecen de un sitio de almacenamiento para la disposición de los subproductos (pulpa y mucílago), generando así contaminación y mal manejo de lixiviados, lo que afecta las fuentes hídricas, genera bajo aprovechamiento del potencial nutricional y plagas. En las visitas de campo fue evidente la presencia de broca en los sitios de almacenamiento de la pulpa. Lo anterior implica disponer de un proceso y sitio adecuado para el manejo de subproductos, que se encuentre techado para su disposición y se garantice el manejo adecuado (rotación, control de plagas como la broca y recolección de lixiviados) [7].

4.4 Remoción del mucílago

En las fincas no se controla el proceso de fermentación, ni se cuenta con la infraestructura necesaria para el manejo del café con diferentes días de desulpado. Es necesario controlar el tiempo de fermentación, el cual debe estar entre 12 y 18 horas, y debe realizarse por lotes, para lo cual se debe contar con al menos dos tanques de fermentación, a fin de no mezclar cafés desulpados en diferentes días [17]. Los tiempos de fermentación dependen de la temperatura de la finca, por ello se debería usar el *fermaestro* para conocer el punto óptimo de fermentación [32]. La fermentación controlada del café les permitiría producir cafés con diferentes características

por medio del control de la temperatura, el tipo de fermentación o el pH, entre otros factores que cambian las características del grano en la fermentación [19]. Esto implica dotar de las herramientas necesarias a las fincas y desarrollar procesos de formación y asistencia técnica para los productores.

4.5 Lavado y clasificación del café

Las fincas no han estandarizado el proceso de lavado, lo cual se evidencia en las diferentes formas de enjuagar el café. Algunos utilizan más agua de lo necesario, y otros no lavan suficientemente bien el producto. Este aspecto impacta negativamente la calidad del grano, al no remover totalmente el mucílago, lo que genera procesos de fermentación posteriores. Además, ninguna finca cuenta con un tratamiento de aguas residuales para reducir la carga contaminante. Esto implica estandarizar el proceso de lavado y clasificación, de acuerdo con la infraestructura disponible que, para el caso de tanques de lavado, podría ser de cuatro enjuagues, y para los canales de correteo, dos [18]. Además, es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales que sea, preferentemente, de tratamiento anaerobio, a fin de reducir la contaminación de las aguas [36].

De igual manera, es necesario implementar un sistema —como el desnatador— que permita la separación del mucílago de las aguas residuales del lavado, y su posterior aprovechamiento.

Estos aspectos son fundamentales en municipios como Viotá que, en los últimos dos años, ha sufrido temporadas de sequía, lo cual obliga a controlar el volumen de agua consumido y la calidad del agua residual. Para esto, tecnologías como el Becolsub o Ecomill son alternativas que contribuyen a la reducción del consumo de agua y a un mayor control de la contaminación de las aguas [34, 35].

4.6 Oreado y secado del café

El proceso de secado en las fincas es quizá de los más críticos de todo el proceso de beneficio, por diversas razones:

- No se tiene en cuenta el espesor de las capas de café para el oreado del grano, por lo cual el producto se amontona en capas gruesas generando mohos y malos olores.
- Los sitios de secado son inadecuados, porque no están aislados de focos de contaminación

(animales y tierra, por ejemplo), ni protegen al producto de la lluvia y otros factores medio ambientales que impactan la calidad del grano.

- Los sitios de secado no están dispuestos de tal manera que se evite el daño mecánico del grano.
- Las fincas no cuentan con herramientas que permitan medir la humedad del café.
- La práctica de comercializar el café pergamino húmedo, disminuye de manera importante el ingreso de los productores, como es evidente en el proceso de comercialización descrito.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el secado se debe:

- Garantizar una adecuada aireación, esparciendo el café en capas de 3 cm y revolviéndolo periódicamente hasta obtener una humedad entre el 10 % y 12 % [21].
- Contar con infraestructura que evite la contaminación, bien sea por combustibles, animales u otros materiales [21], y se garantice la protección del grano contra las lluvias a fin de no deteriorar su calidad. Un modelo probado para este proceso es el secador parabólico mejorado [28], el cual es económicamente accesible y garantiza un secado adecuado del café.
- Controlar la humedad, lo cual se puede llevar a cabo a través de la utilización de un método como el GRAVIMET, que permite cumplir los criterios de humedad [23]. Asimismo, al evitar prácticas como la comercialización del café pergamino húmedo [24].

Una alternativa adecuada para secar el café en el municipio de Viotá es la implementación de centrales en el secado mecánico del café, las cuales permitirían secar el café sin depender de las condiciones climáticas, y garantizar un secado homogéneo y en menor tiempo, lo cual mejoraría el precio de compra de acuerdo con la información de los compradores actuales en Viotá. Estos sistemas requieren alta inversión económica y garantizar un proceso del beneficio estandarizado para las etapas previas al secado, lo que podría requerir un alto nivel de formación y asociatividad de los productores.

4.7 Ensaque del café

Algunos productores realizan el ensaque en lonas usadas, provenientes de fertilizantes, plaguicidas y abonos, o almacenadas en lugares inadecuados, lo cual puede facilitar procesos de contaminación del producto. En este sentido, es necesario que el café pergamino seco y las pasillas se empaquen en diferentes sacos. Los sacos deben ser inspeccionados, lavados y secados, y comprobar que estén libres de contaminantes evitando utilizar los sacos de fertilizantes para empaquetar el producto [7]. Se sugiere el uso de costales de fique nuevos, los cuales permiten una mejor circulación de aire.

4.8 Almacenamiento del café

Los productores que realizan almacenamiento, aunque tienen sitios destinados para ello, no son adecuados por la poca ventilación y el contacto con otros productos, materiales y animales que podrían afectar la calidad del café. Por ello, una vez ensacado el café pergamino seco y las pasillas, se debe garantizar un almacenamiento libre de focos de contaminación [7]. Es necesario adecuar sitios de almacenamiento ventilados, evitar el rehumedecimiento del producto y destinarlo exclusivamente para el almacenamiento del café, previniendo el contacto con otros productos o materiales que puedan contaminarlo.

5. Conclusiones

El proceso de beneficio le otorga al grano de café ciertas características en términos de presentación, aroma y humedad. Es necesario reconocer que las prácticas de manufactura realizadas en las fincas, desde el recibido de café en cereza hasta el secado del café pergamino, requieren ser controladas para obtener mejores resultados. Además, se deben considerar aspectos relacionados con la disponibilidad y la funcionalidad de la maquinaria e infraestructura utilizada, las competencias necesarias de los colaboradores, el buen estado del café en cereza proveniente del cultivo, la estandarización y el control del proceso, así como velar por el mínimo impacto en el medio ambiente.

El análisis de las prácticas de manejo en el proceso de beneficio permite establecer las necesidades en conocimiento, recursos, infraestructura y tecnología que requieren los pequeños productores de café. Posiblemente, la integración del proceso de beneficio en microcentrales, o de algunas etapas del proceso como el secado, mejorarán de manera importante la calidad del producto.

Actualmente, existe abundante literatura que promueve y facilita la implementación de buenas prácticas agrícolas y de manufactura para el beneficio del café, brindando aportes a la caficultura para la conservación de la calidad del producto y la mejora de sus procesos productivos. Sin embargo, la situación económica de los pequeños caficultores y los bajos niveles de formación técnica, dificultan, tanto la apropiación de conocimiento, como la implementación en sus sistemas productivos.

6. Agradecimientos

La presente investigación hace parte del Centro de Investigación, Innovación Social y Transferencia Tecnológica de Viotá (CISTT) [45], y es resultado de la convocatoria Jóvenes Investigadores e Innovadores de la alianza SENA-Colciencias.

Referencias

- [1] Departamento Nacional de Planeación, *Cadenas Productivas Estructura, comercio internacional y protección*, Departamento Nacional de Planeación, Colombia, 2004.
- [2] A. Díaz y R. Uría, “Buenas prácticas de manufactura. Una guía para pequeños y medianos agroempresarios”, *Cuadernos de exportación*, pp. 8-10, 12, 2009.
- [3] J. Arcila P., F. Farfán V., A. Moreno B., L. F. Salazar G. y E. Hincapié G., “Las buenas prácticas agrícolas en la caficultura”, en *Sistemas de producción de café en Colombia*, pp. 276-293, Chinchiná, Caldas, Colombia: Blanecolor Ltda., 2007.
- [4] Comité Nacional de Cafeteros, *Resolución 02 de 2016*, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá D. C., Colombia, abril del 2016.
- [5] CEDRSSA, “Producción y mercado de café en el mundo y en México”, *Méx. Rep.*, 16, noviembre 2014.
- [6] Prensa FNC, “Producción de café creció 3% en últimos 12 meses”, *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*, Colombia, noviembre 2016. Disponible en: https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/produccion_de_cafe_de_colombia_crecio_3_en_ultimos_12_meses/
- [7] G. I. Puerta-Quintero, “Buenas prácticas agrícolas para el café”, *Avances técnicos*, 349, pp. 1-11, julio del 2006.
- [8] Instituto Colombiano Agropecuario, *Resolución No. 020009*, Ministerio de Agricultura, Bogotá, Colombia, abril 2016.
- [9] *Guía Ambiental para el Sector Cafetero*, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Colombia, 2007.
- [10] *Manual de buenas prácticas de manufactura en el beneficio bio café oro de Tarrazú S.A.*, Empresa Consultora Consulstantos S.R.L., San José, Costa Rica, 2010.
- [11] G. I. Puerta Quintero, “Buenas prácticas para la prevención de los defectos de la calidad del café: fermento, reposado, fenólico y mohoso”, *Avances técnicos*, 461, pp. 2-3, noviembre 2015.
- [12] C. E. Oliveros-Tascón & J. R. Sanz-Urbe, “Ingeniería y café en Colombia”, *Revista de Ingeniería*, 33, pp. 99-114, junio 2011.
- [13] Ministerio de Salud de Colombia, *Decreto No. 3075. Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y se dictan otras disposiciones*, diciembre 1997.
- [14] Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, “Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional”, *Vademécum del tostador colombiano*, pp. 4-257, 1995.
- [15] Cenicafe, “Quiénes somos”, *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*, Colombia, noviembre 2016 Disponible en: http://www.cenicafe.org/es/index.php/quienes_somos/historia.
- [16] D. A. Zambrano-Franco, N. Rodríguez-Valencia y U. López-Posada, “Construya su tanque tina para la fermentación y lavado del café”, *Avances técnicos*, 408, pp. 1-4, junio 2011.
- [17] G. I. Puerta-Quintero, “Factores, procesos y controles en la fermentación del café”, *Avances técnicos*, 422, pp. 1-11, agosto 2012.
- [18] Federación Nacional de Cafeteros y Centro Nacional de Investigaciones del Café, “Beneficio del café I. Despulpado, remoción del mucílago y lavado”, *Cartilla cafetera*, pp. 2-22, cap. 20, 2004.
- [19] G. I. Puerta-Quintero y J. G. Echeverry-Molina, “Fermentación controlada del café: tecnología para agregar valor a la calidad”, *Avances técnicos*, 454, pp. 1-12, abril 2015.
- [20] L. W. Lee, M. W. Cheong, P. Curran, B. Yu y S. Q. Liu, “Coffee fermentation and flavor-An intricate and delicate relationship”, *Food Chemistry*, 185, pp. 182-191, marzo 2015.
- [21] G. I. Puerta-Quintero, “Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado”, *Avances técnicos*, 371, pp. 1-8, mayo 2008.

- [22] E. Pedroza-Isquierdo, F. Meira-Borém, P. Damasceno de Oliveira, V. Cambuy Siqueira y G. E. Alves, "Quality of Natural Coffee Subjected to Different Rest Periods During the Drying Process", *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 36, n.º 4, pp. 439-445, julio 2012.
- [23] C. E. Oliveros-Tascón, A. E. Peñuela-Martínez y J. M. Jurado-Chana, "Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método Gravimet," *Avances técnicos*, 387, pp. 1-7, septiembre 2009.
- [24] G. I. Puerta-Quintero, "Riesgos para la calidad por la comercialización de café pergamino húmedo," *Avances técnicos*, 373, pp. 1-4, julio 2008.
- [25] A. Ardila-Duarte, E. Ariza-Villamil y A. M. Silva, "Vibro-elastic helical conic aprons implemented in de-pulping machines for the selective processing of mixtures of green and ripe coffee cherries", *U.S. Patent 20110262607 A1*, pp. 1-16, octubre 27 2011.
- [26] J. R. Sanz-Uribe, C. E. Oliveros-Tascón, U. López-Posada, C. A. Mejía-González y C. A. Ramírez-Gómez, "Paleta plástica para lavar café con menor esfuerzo", *Avances técnicos*, 361, pp. 1-4, julio 2007.
- [27] J. R. Sanz-Uribe, C. E. Oliveros-Tascón y A. E. Peñuela-Martínez, "Instalación del separador hidráulico del tolva y tonillo sinfín en beneficiaderos construidos," *Avances técnicos*, 439, pp. 1-4, enero 2014.
- [28] C. E. Oliveros-Tascón, C. A. Ramírez-Gómez, J. R. Sanz-Uribe y A. E. Peñuela-Martínez, "Secador parabólico mejorado," *Avances técnicos*, 376, pp. 1, octubre 2008.
- [29] C. E. Oliveros-Tascón, A. E. Peñuela-Martínez y J. P. Pabón-Usaquén, "Gravimet sm tecnología para medir la humedad del café en el secado en silos," *Avances técnicos*, 433, pp. 2, julio 2013.
- [30] D. Fissore, R. Pisano y A. A. Barresi, "Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process", *Journal of food engineering*, 123, pp. 179-187, febrero 2014.
- [31] A. E. Peñuela-Martínez, J. P. Pabón-Usaquén y C. E. Oliveros-Tascón, "Enzimas: una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucílago del café," *Avances técnicos*, 406, pp. 8, abril 2011.
- [32] A. E. Peñuela-Martínez, J. P. Pabón-Usaquén y J. R. Sanz-Uribe, "Método Fermaestro: para determinar la finalización de la fermentación del mucílago de café," *Avances técnicos*, 431, pp. 6, mayo 2013.
- [33] G. V. de Melo-Pereira, V. T. Soccol, A. Pandey, A. B. P. Madeiros, J. M. R. Andrade-Lara, A. L. Gollo y C. R. Soccol, "Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process", *International journal of food microbiology*, 188, pp. 60-66, octubre 2014.
- [34] G. Roa-Mejía, C. E. Oliveros-Tascón, J. R. Sanz-Uribe, J. Álvarez-Gallo, C. A. Ramírez-Gómez y J. R. Álvarez-Hernández, "Desarrollo de la tecnología Becolsub para el beneficio ecológico del café," *Avances técnicos*, 238, pp. 1-7, abril 1997.
- [35] C. E. Oliveros T., J. R. Sanz U., C. A. Ramírez G. y C. A. Tibaduiza V., "Ecomill[®] Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café," *Avances técnicos*, 432, pp. 6, Jun. 2013.
- [36] G. Roa M, C. E. Oliveros, J. Álvarez G, C. A. Ramírez G., J. R. Sanz U., M. T. Dávila A., et al., *Beneficio Ecológico del Café*, Chinchiná, Colombia, Cenicafé, 1999.
- [37] H. M. Serna-Gómez, M. Cardona-Acevedo y E. Gómez-Echeverri, *Prospectiva laboral en la región del eje cafetero Caso cadena productiva del café*. Bogotá: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014. Disponible en: <http://www.redormet.org/documento/prospectiva-laboral-en-la-region-del-eje-cafetero-caso-cadena-productiva-del-cafe/>
- [38] Alcaldía Municipal de Viotá, "Información General", *Alcaldía de Viotá*, Colombia, 2016.
- [39] Agronet, "Área, producción, rendimiento y participación municipal en el departamento por cultivo", *Evaluaciones agropecuarias municipales, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*, Colombia, Estadísticas, 2016.
- [40] Wikipedia, "Mapa del Municipio de Viotá, Cundinamarca (Colombia)", 2016. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Viot%C3%A1#/media/File:Colombia_-_Cundinamarca_-_Viot%C3%A1.svg
- [41] Gobernación de Cundinamarca, "División veredal del departamento de Cundinamarca", Colombia, 2013.
- [42] M. C. Martín-Crespo Blanco y A. B. Salamanca-Castro, "El muestreo en la investigación cualitativa", *Nure Investigación*, 27, pp. 1-4, marzo-abril 2007.
- [43] H. Gutiérrez-Pulido, *Calidad total y productividad*, México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010.
- [44] Secretaría de la Función Pública, "Herramientas para el análisis y mejora de procesos", *Gobierno Federal*, México, 2008.
- [45] Uniagraria, "Centros de investigación innovación social y transferencia tecnológica", Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia, 2015.