

Manual del cafetero colombiano

Investigación y tecnología para la
sostenibilidad de la caficultura

Tomo 3



Manual del cafetero colombiano

Tomo 3

Investigación y tecnología para la
sostenibilidad de la caficultura





Ministro de Hacienda y Crédito Público
Mauricio Cárdenas Santamaría

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Rubén Darío Lizarralde Montoya

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Sergio Díaz Granados

Director del Departamento Nacional de Planeación
Tatyana Orozco de la Cruz

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/2011- diciembre 31/2014

José Eliécer Sierra Tejada

Jorge Cala Robayo

Eugenio Vélez Uribe

Fernando Castrillón Muñoz

Crispín Villazón de Armas

Javier Bohórquez Bohórquez

Fernando Castro Polanía

Iván Pallares Gutiérrez

Carlos Alberto Erazo López

Alfredo Yáñez Carvajal

Carlos Alberto Cardona Cardona

Darío James Maya Hoyos

Jorge Julián Santos Orduña

Luis Javier Trujillo Buitrago

Carlos Roberto Ramírez Montoya

GERENTE GENERAL

Luis Genaro Muñoz Ortega

GERENTE ADMINISTRATIVO

Luis Felipe Acero López

GERENTE FINANCIERO

Julián Medina Mora

GERENTE COMERCIAL

Andrés Valencia Pinzón

GERENTE COMUNICACIONES Y MERCADEO

Luis Fernando Samper Gartner

GERENTE TÉCNICO

Carlos Armando Uribe Fandiño

DIRECTOR INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Fernando Gast Harders

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

©FNC-Cenicafé - 2013

Créditos

Comité Editorial Cenicafé:

Fernando Gast H.

Ph.D. Director

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología

Juan Rodrigo Sanz U.

Ph.D. Ing. Agrícola. Ingeniería Agrícola

Juan Carlos Herrera P.

Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético

Víctor Hugo Ramírez B.

M.Sc. Ing. Agrónomo. Fitotecnia

Marco A. Cristancho A.

Ph.D. Microbiólogo, Fitopatología

Sandra Milena Marín L.

M.Sc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia

Asesoría Editorial

Olga Clemencia Parra C. Fundación Manuel Mejía

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño

Carmenza Bacca R.

Diagramación

María del Rosario Rodríguez L.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías y dibujos

Cenicafé

Comité de Cafeteros de Norte de Santander

María Teresa Jaramillo

Impreso por

LEGIS





Dedicatoria

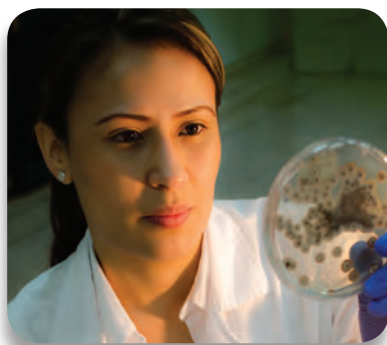
En sus 75 años, Cenicafé dedica este Manual del Cafetero Colombiano, en su versión del año 2013, a los caficultores de Colombia que han posibilitado el proceso de investigación en torno al café, de manera ininterrumpida.

A Álvaro Jaramillo R. y a Jaime Arcila Pulgarín (q.e.p.d.) un reconocimiento por haber planteado esta iniciativa a la Dirección de Cenicafé, así como a los 70 autores que participaron en esta versión del Manual del Cafetero Colombiano.

A man wearing a light-colored hat and a blue polo shirt is harvesting coffee beans in a lush green field. He is smiling and looking down at the beans he is picking. A basket filled with harvested coffee beans is visible in the foreground. The scene is set in a sunny, outdoor environment with coffee plants and banana trees in the background.

Contenido

Manual del cafetero colombiano



Tomo 1

Prefacio

Presentación

Generalidades

El mercado mundial y nacional del café en el siglo XXI

Cenicafé a través de 75 años

El Servicio de Extensión acompañando la investigación para una mejor atención a los cafeteros de Colombia

Aportes de la investigación a la formación de los cafeteros

Gestión del riesgo agroclimático- Fuentes de amenaza climática para el café en Colombia

Gestión del riesgo agroclimático -Vulnerabilidad y capacidad de adaptación del sistema de producción de café

El cafeto

Taxonomía y clasificación del café

Estructura y funcionamiento de la planta de café

Variedades de café. Desarrollo de variedades

Aspectos agroecológicos

Factores climáticos que intervienen en la producción del café en Colombia

Suelos de la zona cafetera

Identificación de las principales unidades de suelos de la zona cafetera

Conservación de suelos y aguas



Tomo 2

Germinadores y almácigos

Germinadores de café

Manejo integrado de almácigos

Nutrición del café en la etapa de almácigo

Establecimiento del cultivo

Establecimiento de cafetales al sol

Establecimiento de sistemas agroforestales con café

Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos

Nutrición de cafetales

Manejo integrado de arvenses

Manejo integrado de enfermedades

Manejo integrado de plagas del café

Plagas del café: Broca, minador, cochinillas harinosas, araña roja y monalónion

Otros habitantes naturales del cafetal

Renovación de cafetales

Cosecha del café



Tomo 3

Postcosecha y subproductos del café

9 Proceso de beneficio

49 Secado solar y secado mecánico del café

81 Calidad del café

111 Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio de café

Recursos naturales

139 Recursos naturales y su conservación en zonas cafeteras

Otros retos de la caficultura

167 Producción de semilla de café Variedad Castillo® y sus compuestos regionales

181 Regionalización de la calidad del café de Colombia

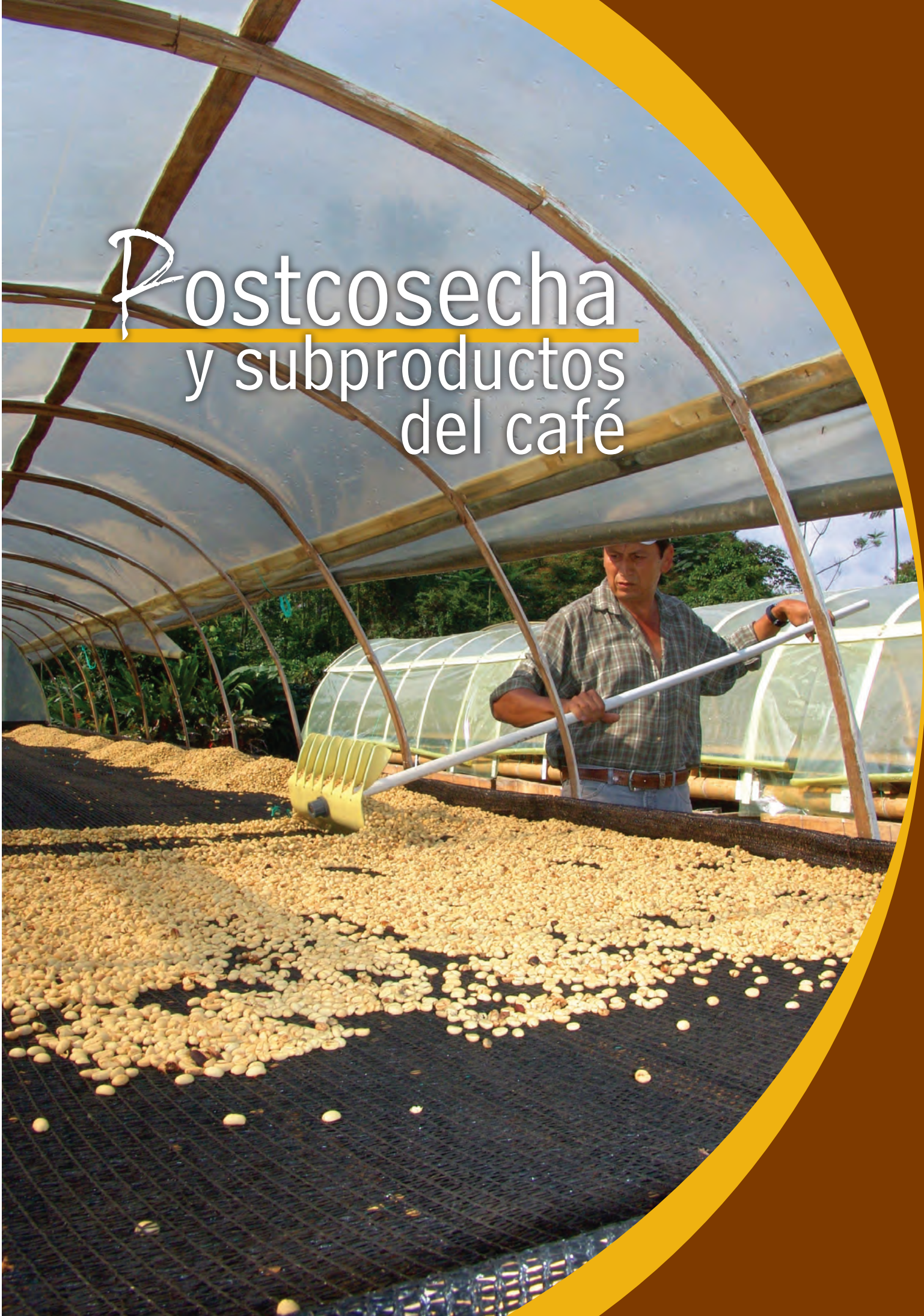
Café con criterios de sostenibilidad

211 Sistemas Integrados de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

227 Producción de café con calidad y prevención de riesgos

Anexos

Postcosecha y subproductos del café



Proceso de beneficio

Juan Rodrigo Sanz Uribe; Carlos Eugenio Oliveros Tascón;
César Augusto Ramírez Gómez; Aída Esther Peñuela Martínez;
Paula Jimena Ramos Giraldo

El proceso de beneficio de café consiste en un conjunto de operaciones para transformar los frutos de café, en café pergamino de alta calidad física y en taza, el cual por su estabilidad en un amplio rango de condiciones ambientales, es el estado en el cual se comercializa internamente este producto en Colombia.

El proceso de beneficio de café lo realizan los caficultores, en su gran mayoría, en las instalaciones que tienen en sus fincas, a las que denominan beneficiaderos, y donde realizan básicamente el recibo, despulpado, remoción de mucílago, lavado, diversas clasificaciones y secado.

En este capítulo se presentan los adelantos en la investigación que realiza Cenicafé para el adecuado proceso de beneficio del café con el fin de conservar la calidad del café obtenida durante la cosecha.



Transporte del café en cereza hasta el beneficiadero

Una vez el café cereza es cosechado, se inicia su transporte al beneficiadero, éste puede llevarse a cabo en diferentes formas. La más común, es al hombro de los recolectores, sin embargo, esta labor es exigente físicamente si el beneficiadero no está cerca de las plantaciones. Por tal motivo, y para no someter a un sobreesfuerzo a los recolectores, se utilizan diferentes sistemas de transporte.

Transporte animal

En Colombia el uso de tracción animal ha sido parte de la historia cafetera (Figura 1), tanto así que una mula es parte del logotipo más importante de la institucionalidad cafetera. Sin embargo, se ha ido sustituyendo por otras clases de transporte.

No obstante, en las fincas en que se mantiene el transporte animal de café en cereza, es considerado un sistema económico, debido a que los animales tienen un valor inicial relativamente bajo (una mula puede costar \$ 2 millones en promedio), con una vida útil hasta de 25 años, y su sostenimiento menor a \$ 100.000/año, si se dispone de potreros u otras formas de proveer alimento (Sanz et al., 2011).



Sin embargo, en los ejercicios económicos de los usuarios no se tiene en cuenta el valor de la adecuación de los caminos y su mantenimiento, lo mismo que el pago a los operarios que arrian, cargan y descargan las mulas, los cuales incrementan considerablemente los costos.

Sistema de vagoneta y malacate

Sanz et al. (2011), diseñaron, construyeron y evaluaron un sistema de vagoneta y malacate para transportar hasta 225 kg de café en cereza en pendientes hasta del 100%. La vagoneta y el malacate se unen a través de una soga de fibra plástica que se utiliza para halar o dejar bajar controladamente la vagoneta en las plantaciones de café (Figura 2).

El malacate está compuesto principalmente por un motor de combustión interna de 9,56 kW (13 hp), un sistema de

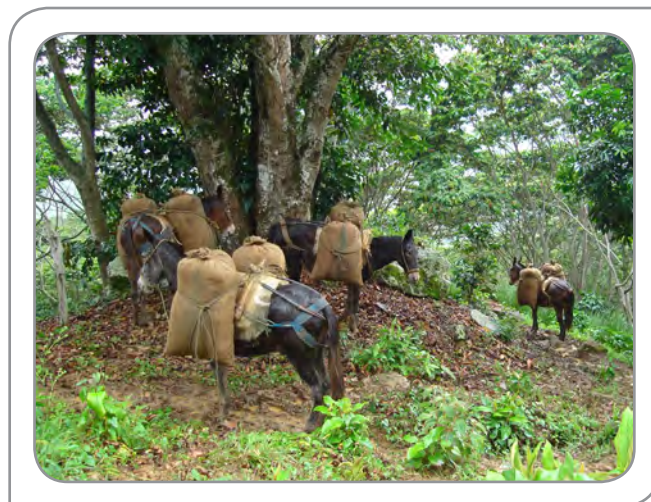


Figura 1.

Transporte de bultos de café en cereza con mulas.

reducción con relación total de 140:3, un embrague de bandas y poleas, un sistema de rueda libre y un sistema de freno de doble zapata de trabajo pesado. Adicionalmente, el malacate tiene un par de ruedas frontales para darle la posibilidad de ubicarlo en la parte alta del terreno donde se va a acopiar la carga. La velocidad de transporte es de 3,5 km/h. La vagoneta, con peso de 75 kg, tiene capacidad para 0,5 m³, y las ruedas fueron diseñadas para producir una presión de contacto menor a la presión de contacto que causa una persona caminando. En un tramo de 100 m y en terreno con una pendiente promedio de 100%, se obtuvo capacidad máxima de transporte de 8,6 t.h⁻¹ y costo específico de \$ 29.736 (kg.h.km⁻¹). No se observó compactación de los suelos como consecuencia de su empleo.



Figura 2.

Vagoneta y malacate para el transporte del café al beneficiadero.



La tecnología de vagoneta y malacate puede utilizarse para transportar el café recolectado y otros materiales como por ejemplo colinos de café y fertilizantes. La tecnología diseñada y evaluada es una alternativa con mejores características técnicas, económicas y ambientales que las que actualmente se usan en Colombia para transportar café en las fincas.

Cable aéreo de gravedad

Consiste de un cable de acero apoyado en dos soportes, sobre el cual se mueve una carga desde un punto elevado hasta un punto ubicado en un nivel inferior, utilizando la energía dada por la diferencia de alturas (Figura 3). Este sistema es recomendado en terrenos que presentan depresiones, pero solamente puede ser transportada una carga a la vez para evitar el descarrilamiento de las poleas.

Con el fin de determinar los parámetros que gobiernan este tipo de transportadores, con bultos de café cereza colgados de un dispositivo polea - gancho, Parra et al. (1989) fabricaron en Cenicafe un banco de pruebas con un cable de 12,7 mm de diámetro, suspendido entre

dos torres de acero, que tenía la posibilidad de variar la pendiente y las flechas o deflexiones. Con pendientes entre 10% y 12,5% y deflexiones máximas de 4% y 5%, las poleas con bujes en bronce fosforado presentaron excelente desempeño transportando sacos de 60 kg de café cereza, sin necesidad de dispositivo de frenado a la llegada. Con pendientes superiores al 15% o con poleas con rodamientos en lugar de bujes, se necesitan dispositivos de frenado en la descarga. Con deflexiones superiores a las mencionadas se presentan ondas en el cable que evitan la estabilidad del sistema de transporte.

Con base en la experiencia adquirida en la investigación mencionada se recomienda que para el transporte por cable aéreo de gravedad se tenga en cuenta:

- Realizar un plano topográfico detallado y seleccionar la altura de las dos torres.
- Seleccionar adecuadamente el cable.
- Diseñar las estructuras que soportan el cable. Las torres que sostienen el cable deben estar diseñadas a flexo compresión, debido a que las tensiones máximas en el cable tienen componentes verticales y horizontales.

El diámetro mínimo de cables de acero para transportadores de café cereza por cable aéreo de gravedad, en las condiciones que se enumeraron, debe ser de 12,70 mm (1/2") para longitudes hasta 300 m, y debe agregarse 3,17 mm (1/8") al diámetro por cada 120 m adicionales de longitud.

Cable aéreo motorizado

El cable aéreo motorizado es un sistema de transporte que permite el traslado de café cereza desde un punto inferior a otro de mayor altura, tanto en sacos como a granel. En Cenicafe se diseñó y construyó un sistema

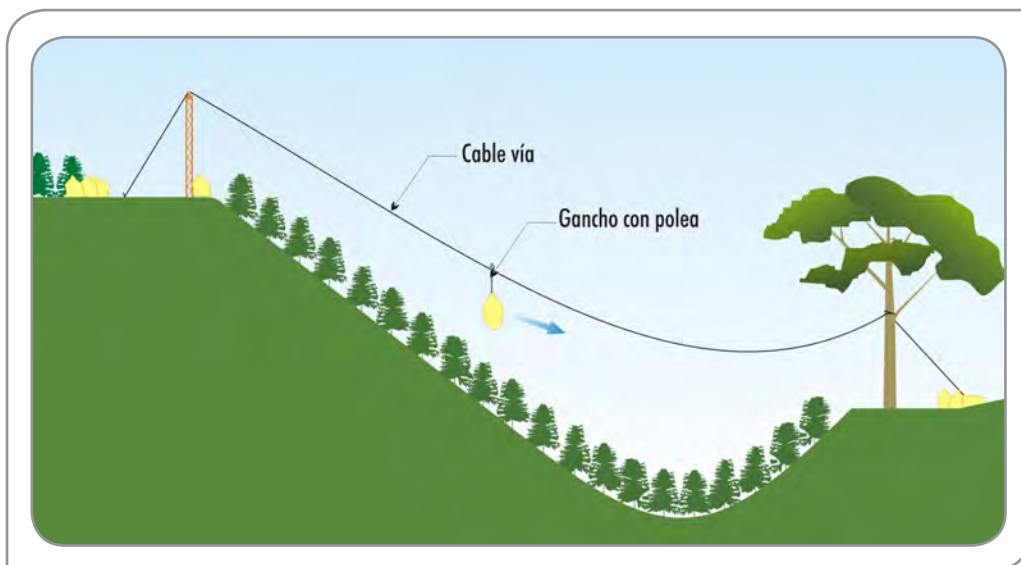


Figura 3.

Esquema de un cable aéreo de gravedad.

Los transportadores por cable aéreo de gravedad son una alternativa ecológica dado que no utilizan motores, son instalaciones que intervienen poco el paisaje y reducen el esfuerzo humano en una labor ardua.

de cable aéreo abierto, con una góndola metálica con capacidad para 125 kg (Patiño, 1992 y Patiño et al., 1994), halado por un malacate, como se muestra en el esquema de la Figura 4.

El sistema consistió en un cable vía de mayor diámetro (16 mm), por el cual se desplazan las poleas de la góndola que lleva la carga, y se le diseñaron cambios de dirección con tramos curvos para darle mayor flexibilidad al sistema. Así mismo, el malacate halaba la carga con un cable más flexible y de menor diámetro (6 mm). Los siete soportes que fueron necesarios para cubrir una longitud total de 180 m fueron diseñados y construidos en acero de bajo contenido de carbono, y fueron anclados al suelo por medio de zapatas de concreto reforzado. El sistema tenía una pendiente máxima de 30% y el malacate fue diseñado para obtener una velocidad en la carga de $1,3 \text{ m.s}^{-1}$. En condiciones de trabajo con la carga de diseño se obtuvo una capacidad máxima de $1,6 \text{ t.h}^{-1}$ y se requirió de un motor eléctrico de 4,9 kW. Para llevar la góndola hasta el punto más bajo se utilizó la gravedad con control de velocidad por frenado.

El sistema puede también transportar otros materiales como fertilizante y material de construcción, tanto para ascenso como para descenso. Sin embargo, los materiales usados y el factor de seguridad de 3,5 hacen este sistema inseguro para el movimiento de personas.



El sistema evaluado cuenta con una ventaja ecológica, dado que la intervención del paisaje es mínima comparada con carreteras y caminos internos, debido a que el cable está suspendido y solamente se necesita la instalación de unas pocas torres, que en algunos casos pueden ser los mismos árboles de la finca. La capacidad y el bajo costo comparado con carreteras y caminos, puede ser llamativa económicamente para medianos y grandes productores.

Transporte de café en cereza por cafeductos

Un cafeducto consiste en una tubería de PVC inclinada y recta, normalmente de 160 mm de diámetro, por el

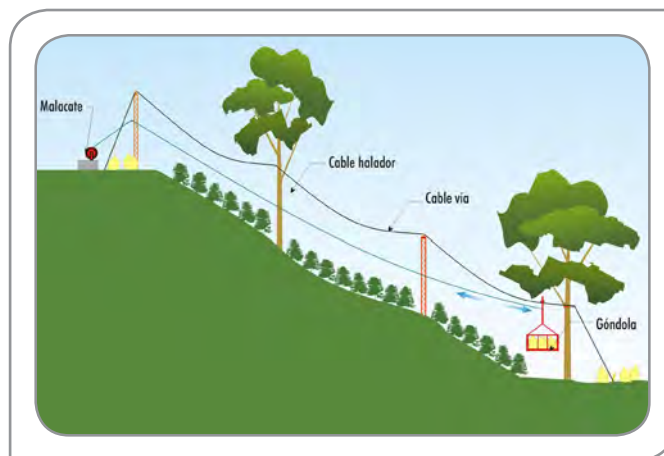


Figura 4.

Sistema de cable aéreo motorizado.

cual se transporta café en cereza desde lugares más elevados hasta el beneficiadero o lugares de acopio, utilizando cantidades considerables de agua.

Patiño (1990) realizó en Cenicafe una investigación para analizar este sistema de transporte. La evaluación consistió en determinar las cantidades mínimas de agua para transportar café cereza por cafeductos, utilizando diferentes inclinaciones de la tubería PVC sanitaria y diferentes diámetros. Se encontraron las relaciones que determinan las capacidades de transporte y, en particular, se demostró que con inclinaciones menores a 20° con respecto a la horizontal, la capacidad de transporte es independiente del diámetro de la tubería utilizada en el cafeducto y que la selección de un diámetro más grande se hace para evitar obstrucciones con las impurezas que acompañan el café en cereza recolectado. Para las inclinaciones mayores a 20° se observó que con el aumento del diámetro aumenta la capacidad de transporte.



La principal desventaja que posee este sistema corresponde a la contaminación del agua utilizada. Se recomienda recircular el volumen de agua, pero esta opción incrementa los costos de inversión y de operación del cafeducto.

Recibo de café en cereza en el beneficiadero

Existen dos formas para recibir los frutos de café que llegan desde los lotes, antes de empezar el proceso de beneficio: **Tolvas húmedas y tolvas secas**.

Las **tolvas húmedas** son sistemas de almacenamiento temporal, que utilizan agua para transportar los frutos de café hasta las máquinas, por lo que no requieren de ángulos pronunciados para lograr ese propósito. Así mismo, no se hace necesario aumentar su altura para almacenar grandes cantidades de café. El problema con este tipo de recibo es que necesita un sistema de separación de frutos y agua, y un sistema de bombeo para establecer la recirculación del agua con el fin de reducir el consumo específico de agua. No obstante, con la recirculación del agua, en razón a la baja eficacia de separación de los dispositivos conocidos, se obtienen consumos de agua mayores de 5 L.kg^{-1} de c.p.s. En la Figura 5 se observa una tolva húmeda en una finca cafetera.

Por otro lado, las **tolvas secas** son un complemento para reducir los consumos de agua y la contaminación de ésta, ya que solamente utilizan la gravedad para hacer llegar los frutos hasta las máquinas dentro del beneficiadero. Para lograr este objetivo, requieren ángulos de 45° que obligan a tener grandes alturas si se quiere almacenar grandes cantidades de café en cereza, y la necesidad, en la mayoría de los casos, de un desnivel importante entre ésta y las máquinas (Figura 6).



Figura 5.

Tolva húmeda para el recibo de café en cereza en los beneficiaderos.



Figura 6.

Tolva seca para el recibo de café en cereza en los beneficiaderos

Clasificación de la materia prima

La calidad en taza del café se encuentra estrechamente relacionada con el tipo de materia prima que se procese en el beneficiadero, la cual normalmente es muy variable, en la cual se encuentran:

- Frutos en todos los estados de maduración en diferentes proporciones.
- Frutos defectuosos provenientes de plantas con alguna enfermedad o con deficiencias nutricionales.
- Frutos atacados por insectos, como la broca, lo mismo que impurezas pesadas y livianas.

De igual manera, la calidad de la materia prima depende de la época en que se realice la cosecha, pues a principio y final de la cosecha, cuando los frutos maduros son más escasos, se presentan con mayor frecuencia y en mayor cantidad frutos indeseables en la masa cosechada, como frutos verdes.

Marín et al. (2003) estudiaron el efecto de los diferentes estados de desarrollo del fruto de café sobre la calidad en taza, encontrando que:

- Las tazas mejor calificadas fueron preparadas en su totalidad con frutos maduros o con frutos sobremaduros (Figura 7).
- Las tazas de café preparadas solamente con frutos pintones presentaron calificaciones intermedias, lo cual permite concluir que estos frutos causarían daño a la taza si se presentan en grandes cantidades dentro la masa de café a procesar.

- Las tazas de café preparadas en su totalidad con frutos verdes y con frutos secos obtuvieron las calificaciones más bajas, evidenciando que estos tipos de frutos son los que mayor daño causan a la calidad de la bebida, y por esta razón deben estar en el menor contenido posible dentro de la materia prima a procesar.

Puerta (2000) realizó una investigación en la que determinó que a partir de un contenido del 2,5% de frutos verdes se aprecia un rechazo de las tazas del 30% o mayor, por defectos como sucio, fermento, *stinker*, tierra y otros sabores desagradables, lo mismo que una reducción del 7% en la relación café en cereza a café pergamino seco.

Una correcta homogeneidad de la materia prima en el beneficio se lograría a través de un proceso estricto de control de la recolección. Sin embargo, esto implicaría mayor inversión en la etapa más costosa en la producción de café, la cosecha.

Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín

Para lograr la mejor calidad de la materia prima es recomendable realizar una clasificación antes de pasar al despulpado, esto se logra a través de la clasificación por densidad en agua, en la cual se remueven la mayoría de los frutos secos e impurezas livianas. Un estudio realizado por Peñuela (2010) demostró que aproximadamente el 23% de las muestras de café sin clasificación por densidad, antes del despulpado, presentaron defectos en taza.

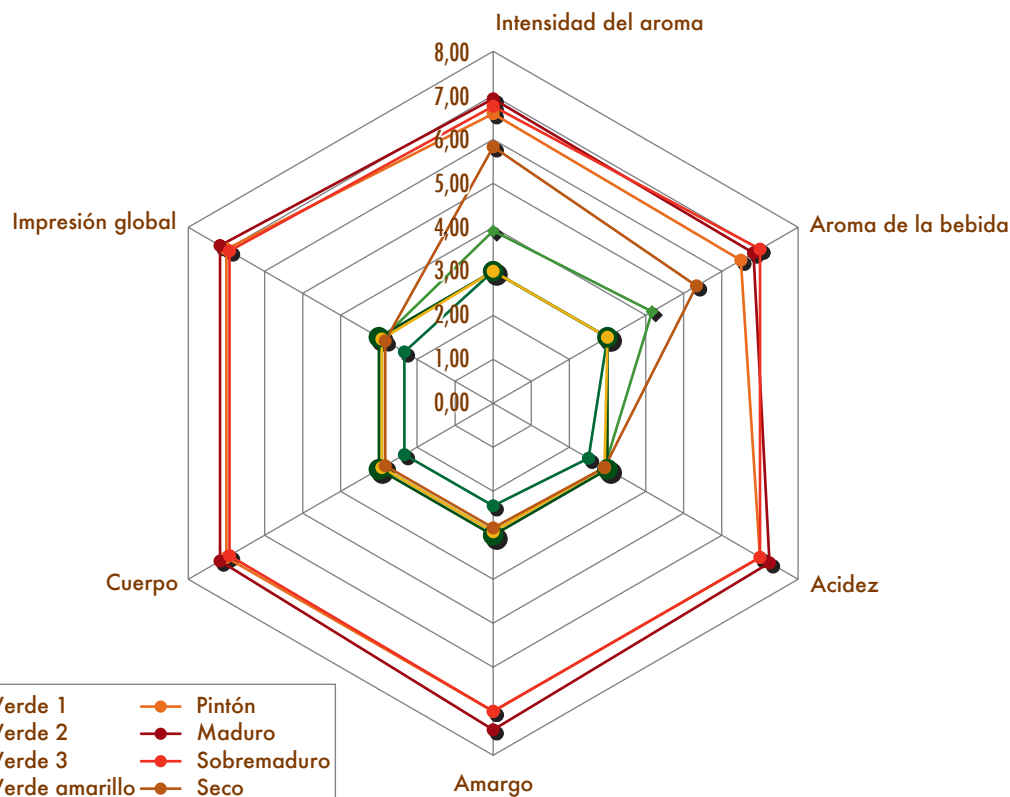


Figura 7.

Calificación de taza para los diferentes estados de madurez.

Oliveros *et al.* (2007) desarrollaron un sistema continuo para realizar la clasificación por densidad en agua y remover simultáneamente los frutos livianos y las impurezas densas y duras. El sistema se llama **Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín (SHTTS)**, el cual consiste en una tolva de precipitación y un transportador de tornillo sinfín inclinado, ubicado en la base de la tolva para extraer del fondo el material decantado, como puede apreciarse en el esquema de la Figura 8. La tolva de precipitación se llena con agua limpia, la cual al ser alimentada con una masa heterogénea de frutos de café e impurezas, permite que los objetos menos densos floten, y que los de mayor densidad vayan hasta el fondo de la tolva. **Los frutos e impurezas que se identifican como de menor densidad son principalmente frutos secos, vanos, brocados, hojas y palos. Los materiales de mayor densidad, más comunes, diferentes a los frutos, son las piedras y los objetos metálicos, entre otros.**

La descarga del transportador de tornillo sinfín está en un nivel más alto que el agua en la tolva de precipitación, permitiendo que el líquido que acompaña los frutos transportados regrese por gravedad a la tolva. Para evitar que los objetos duros y pesados sean transportados con los frutos densos, la alimentación del transportador de tornillo sinfín inclinado se realiza 5 cm arriba de la base de la tolva, formando así un apéndice o “trampa de piedras”, donde quedan atrapados estos objetos. Para que la tolva de precipitación y la “trampa de piedras” funcionen adecuadamente, los frutos de café deben alimentarse en forma dosificada, sobre la cara posterior de la tolva.

En fincas de producciones pequeñas la alimentación dosificada puede hacerse a mano, sin embargo, cuando la producción es mayor, la alimentación dosificada a mano se vuelve engorrosa, lo que hace necesario la implementación de un sistema de alimentación como el dosificador mostrado en la Figura 8. Así mismo, la remoción del material flotante puede ser mecanizada con un mecanismo giratorio simple, que empuje los flotes afuera de la tolva de precipitación sin que vayan acompañados de agua.

Oliveros *et al.* (2009) desarrollaron una investigación con el fin de optimizar el desempeño del **SHTTS**, en el cual utilizaron tornillos sinfín de tres diámetros diferentes (80, 114 y 168 mm), tres ángulos de inclinación del tornillo sinfín (40°, 60° y 80°) y cuatro velocidades de giro (100, 200, 300 y 400 r.min⁻¹). En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran las capacidades medias de transporte de los separadores hidráulicos con tornillo sinfín de 80, 114 y 168 mm de diámetro, respectivamente, para las tres diferentes inclinaciones evaluadas.

En el mismo estudio, se halló que la potencia en todos los casos estuvo por debajo de los 500 W, que la eficacia de remoción de frutos de menor densidad es de 96,7% en promedio y que la eficacia de separación de objetos duros y densos es de 88,2%, en promedio, con una moda de 100%. Los mejores resultados se obtuvieron cuando el tornillo sinfín trabaja a una inclinación de 60° con respecto a la horizontal, ya que se obtiene que el consumo específico de agua sea menor que 0,01 L.kg⁻¹ de café en cereza.

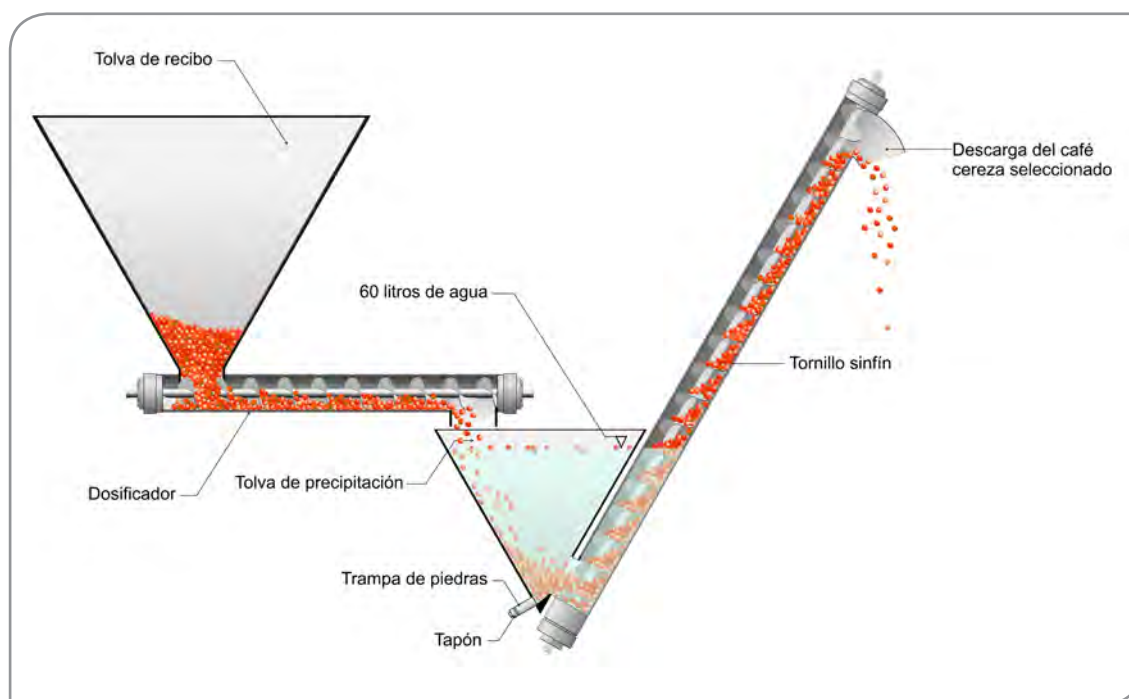


Figura 8.

Esquema de funcionamiento del separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín.

Consideraciones prácticas

Al sistema SHTTS se le hallaron ventajas económicas por evitar los gastos de mantenimiento de las despulpadoras por daños por objetos duros y por evitar el desgaste propiciado por el despulpado de frutos secos.

Clasificación hidráulica para pequeñas necesidades

Por la posibilidad de utilizar solamente mano de obra familiar, los caficultores con bajas producciones generalmente recolectan café de mejor calidad. Sin embargo, la masa cosechada puede contener frutos secos y maduros atacados por la broca o por enfermedades, los cuales deben ser retirados para obtener un producto final de alta calidad.

Para que no incurran en grandes inversiones para realizar la clasificación del café en cereza, se recomienda que utilicen canecas limpias, para hacer flotar en agua el café antes de despulparlo. Esta labor puede ser también aprovechada para remover las impurezas densas y duras que acompañan los frutos que quedan en el fondo de la caneca.

Tanque sifón con bajo consumo específico de agua

El tanque sifón es un sistema hidráulico que se utiliza para la clasificación por densidad del café en cereza, separando de igual manera el material flotante, y los objetos duros y densos.

El sistema consiste en un tanque con fondo en forma de pirámide invertida, el cual tiene un tubo sifón, en forma de U invertida (Figura 12), el cual presenta una presión negativa en su extremo dentro del tanque, para succionar agua y el material que se deposita en el fondo. La presión de succión puede ser calibrada para que no haya arrastre de impurezas pesadas, de acuerdo con la altura que hay entre el nivel de agua y la descarga del tubo.

Márquez (1987) realizó un trabajo de optimización en el que diseñó un tanque de solamente 1,0 m³ y encontró que para obtener mayor capacidad con menor consumo de agua, se debe tener una diferencia de altura de 0,7 m, entre el nivel de agua en el tanque y la descarga del café, cuando se utilizan tubos de 88 ó 114 mm de diámetro. En las

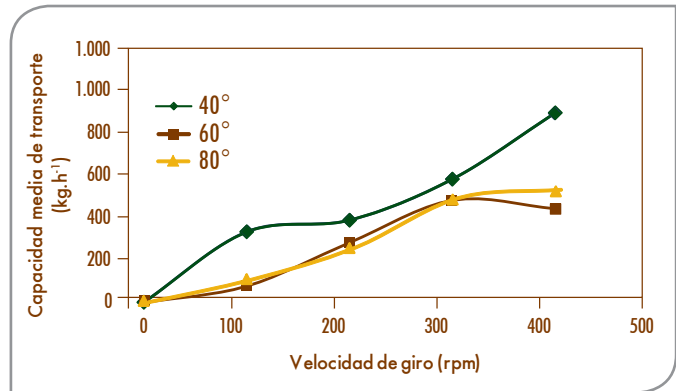


Figura 9.

Capacidad media de transporte para el separador con tornillo sinfín de 80 mm de diámetro.

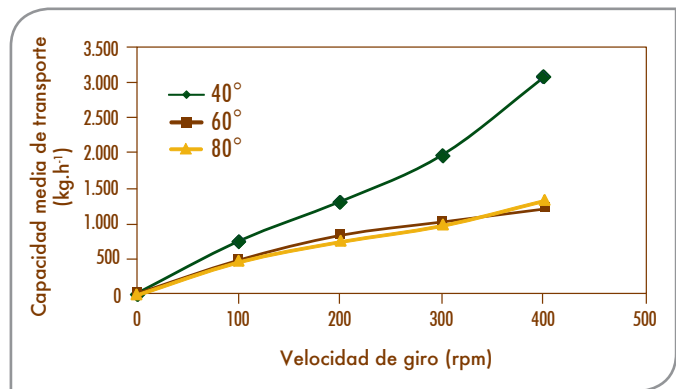


Figura 10.

Capacidad media de transporte para un separador con tornillo sinfín de 114 mm de diámetro.

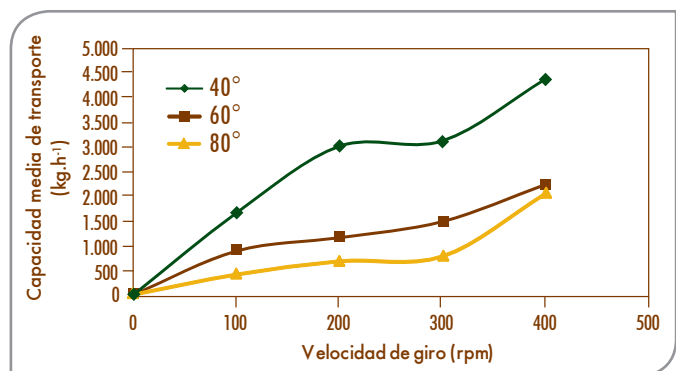


Figura 11.

Capacidad media de transporte para un separador con tornillo sinfín de 168 mm de diámetro.

condiciones de mejor operación encontró que el consumo específico de agua fue de $7,5 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco, que la capacidad varió entre 2.000 y 2.500 kg.h^{-1} de café en cereza, que la eficacia de separación de flotes fue de 88,9% en promedio y que la eficacia promedio de separación de material pesado fue de 49,3%.

Con el fin de disminuir el consumo específico de agua en este dispositivo hidráulico, se planteó el circuito hidráulico de la Figura 12. Allí se tiene que el café en cereza almacenado en la tolva de recibo (tolva húmeda) es movido hasta el tanque sifón por el agua que se obtiene de un sistema de separación de agua y frutos, que se ubica antes de entrar a la despulpadora y del agua que se obtiene de utilizar otro sistema de separación del agua que transporta los flotes fuera del tanque sifón. El sistema requiere de una bomba que transporte el agua nuevamente hasta la tolva húmeda. Con este sistema de recirculación se obtienen disminuciones en el consumo específico de agua hasta valores cercanos a $1,0 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco, en épocas de alto flujo de café. Sin embargo, para poderlo obtener se requiere de una alta inversión en equipos y tubería.

Clasificación de frutos de café por tamaño

Con la introducción de la variedad Castillo®, que presenta diferencias marcadas en el tamaño de los granos con relación a otras variedades como Caturra y Colombia, se dificulta el despulpado del café con las máquinas actuales, debido a que en éstas los granos pasan por

canales estrechos y fijos, en los que por trabajar con una calibración para el espesor promedio, se causa daño mecánico a los granos de mayor tamaño.

Una manera de solucionar este problema consiste en realizar una separación de los frutos de café en dos tamaños, con el fin de alimentarlos a dos sistemas de despulpado calibrados diferentemente (Figura 13). Se recomienda que la separación se haga con una zaranda cilíndrica de varillas que tenga una separación de 12 mm, de tal manera que se obtengan separadamente frutos con espesor menor y mayor a esta dimensión. La labor de despulpado cuando las producciones son menores puede hacerse en una sola despulpadora que tenga los canales calibrados para dos diferentes tamaños, en lugar de utilizar dos máquinas despulpadoras como sugiere la Figura 13.

Clasificación de frutos de café por color

Con el fin de clasificar la masa de café cosechada por estados de desarrollo, se cuenta con un selector electrónico de frutos de café por color, el cual recibe la materia prima proveniente del campo y realiza la identificación, clasificación y separación de cuatro estados de desarrollo de los frutos de café, inmaduros,

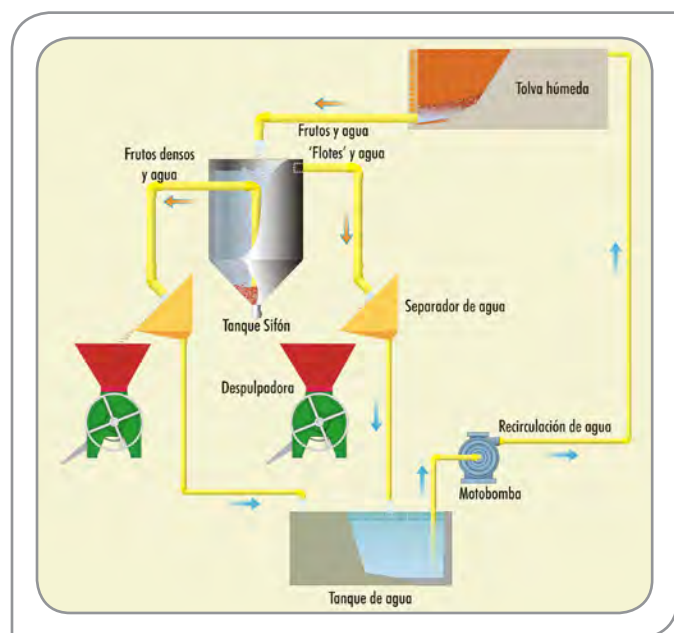


Figura 12.

Tanque sifón con sistema de recirculación de aguas.

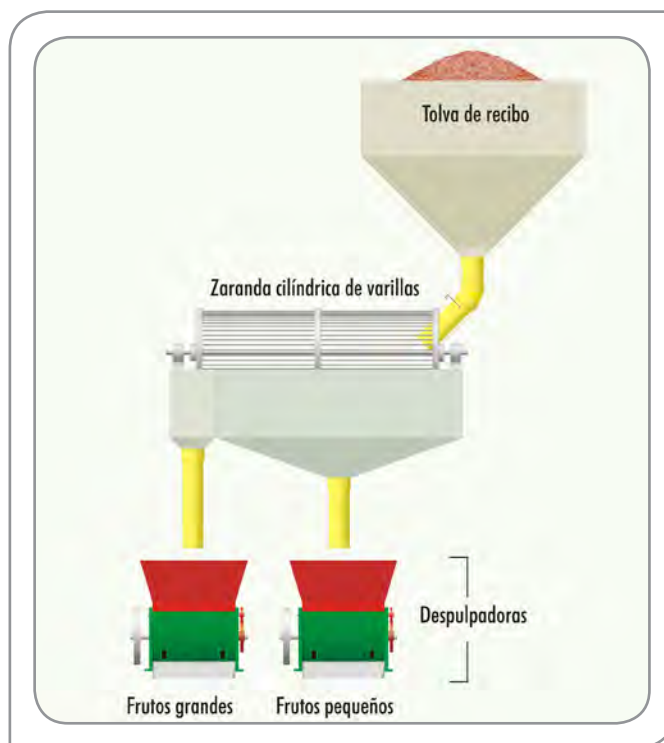


Figura 13.

Diagrama del montaje para clasificación de frutos de café por tamaño, con el fin de disminuir los daños causados en el despulpado.

pintones, maduros y sobremaduros. La clasificación de estos estados de maduración se realiza con base en el cambio cromático experimentado por los frutos a lo largo de su ciclo de desarrollo (Marín *et al.*, 2003; Ramos, 2008; Aristizábal *et al.*, 2012).

La clasificación de frutos por color se basa en la detección de componentes cromáticas roja, verde y azul sobre la superficie de los frutos de café, y la implementación de una estrategia de identificación generada por dichas componentes de color o sus posibles relaciones matemáticas (Sanz *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2010). La estrategia implementada obtuvo una eficacia de identificación desde del 95% para todos los estados, a 50 frutos por segundo, con la capacidad de alimentar una despulpadora de 300 kg.h⁻¹.

La máquina seleccionadora de frutos de café por color (Figura 14) cuenta con los equipos listados a continuación:

- 1. Separador de tolva y tornillo sinfín**, donde se realiza una primera clasificación seleccionando y separando impurezas livianas y pesadas, entre ellas frutos secos, como el primer estado a retirar del proceso.
- 2. Separador de racimos**, conformado por un sistema de doble banda inclinada con movimiento ascendente. Los frutos en racimos, por tener más de un punto de apoyo, siguen el movimiento de las bandas y los frutos que vienen de forma individual ruedan en sentido contrario al movimiento de las mismas; los racimos salen del proceso y los frutos individuales entran en un alimentador de frutos uno a uno.

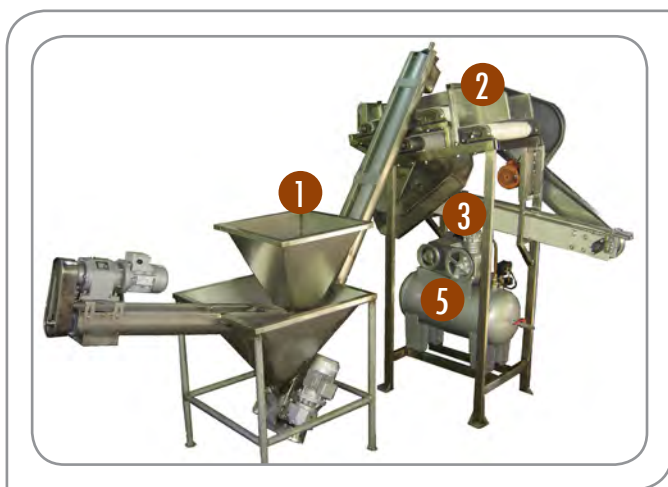


Figura 14.

Máquina seleccionadora de frutos de café por color.

- 3. Alimentador de frutos uno a uno**, conformado por una banda lineal, se encarga de exponer los frutos de forma individual, enfrente de un sistema electrónico de identificación, donde se relacionan las características del color con el estado de desarrollo de los frutos.
- 4. Sistema electrónico de identificación**, está conformado por un sistema óptico, un sistema de iluminación, un sensor de color y una unidad central de proceso. Con este sistema se relacionan las componentes de color vistas por el sensor sobre la superficie de cada fruto y se determina mediante un algoritmo¹ el estado de desarrollo de cada fruto observado.
- 5. Sistema separador/eyector**, conformado por un compresor de aire y un sistema electroneumático, es controlado por el sistema de identificación, con el fin de retirar del proceso los frutos identificados como no deseados.

La separación de los frutos que sean rechazados del proceso, la realiza el sistema separador/eyector, controlado por el sistema de identificación, en este caso la eficacia de separación fue superior al 34%, evidenciando un ajuste en la máquina para llegar comercialmente con ella a los caficultores.

Los costos de fabricación de este tipo de máquina son bajos, comparados con otras máquinas seleccionadoras usadas en los procesos de industrialización del café, debido a la tecnología electrónica utilizada.

Separadora mecánica de frutos verdes

Aunque en la recolección manual selectiva de café se busca desprender solamente frutos maduros, por factores como la desuniformidad de la maduración a nivel del glomérulo, la rapidez con que se efectúa el desprendimiento (<1 s/fruto), la técnica utilizada para desprenderlos, y por limitaciones visuales y de espacio, entre otros, generalmente se recolecta un porcentaje importante de frutos inmaduros, que al beneficiarlos y secarlos causan daños a la taza (Puerta *et al.*, 2000).

En Cenicafé, Oliveros *et al.* (2010) evaluaron un equipo de flujo de producto vertical ascendente, para separar frutos verdes, fabricado por la empresa colombiana JMEstrada², el cual consta de un rotor que gira a 362 r.min⁻¹ en el centro de una canasta o carcasa cilíndrica de 36 cm de diámetro y 128 cm de altura, con perforaciones de 8 mm x 40 mm y 57,6% de área perforada. El rotor consta de tres secciones: Inferior, con tornillo sinfín de 32 cm de diámetro, 28 cm de altura y paso de 14 cm; intermedia, en forma de cono truncado de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro en la

¹ Algoritmo: Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema (www.rae.es)

² (www.jmestrada.com)

base y 28 cm en su parte alta, en la cual se comprime la masa y se despulpan los frutos de café; y superior, de sección cilíndrica de 28 cm de diámetro y 74 cm de altura, con ocho aletas de 2 cm de altura, soldadas en su superficie. Por efecto de la fuerza centrífuga generada por el rotor y a través de las aberturas de la carcasa, una parte del material, café despulpado y pulpa, es evacuado radialmente, mientras que el material restante, compuesto principalmente de frutos sin despulpar (secos, verdes y pintones), café despulpado y pulpa, fluye axialmente y es descargado en la parte superior del equipo. El equipo (Figura 15), que opera sin agua, es accionado por un motor de 5,5 kW.

Los frutos con mucílago, principalmente maduros y sobremaduros, se despulpan al ser comprimidos en la sección cónica del equipo. En la Figura 16 se presenta material descargado radialmente (café despulpado y pulpa) y axialmente (frutos verdes y pintones).

El café despulpado, con 50,3% de pulpa, es procesado en módulo Becolsub para retirarle la pulpa y el mucílago, obteniendo el café lavado que se presenta en la Figura 17, donde se observa el efecto limpiador del postratamiento.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la separadora JM Estrada 2500, con porcentaje inicial de frutos verdes de 4%, 7% y 10%, se presentan en la Tabla 1.

El desempeño del equipo en la separación de frutos verdes, daño mecánico en los granos de café y frutos sin despulpar no es afectado por el flujo de café en el equipo y el porcentaje inicial de frutos verdes en el rango de 4% al 10%. Se observó que a mayor porcentaje de frutos verdes en la masa inicial menor porcentaje de frutos maduros que sale acompañando a los frutos verdes. Los frutos maduros que salen por la descarga radial son despulpados posteriormente en el módulo Becolsub.

Con el equipo se logra una ventaja que no ofrecen las despulpadoras utilizadas actualmente para café en Colombia, no se ocasiona daño mecánico a los granos de café.

Cuando se procesa el café resultante de la separadora JM Estrada 2500 en el módulo Becolsub, se reduce la capacidad de la despulpadora, por el alto porcentaje de



Figura 15.

Máquina para separar frutos verdes de café JM Estrada 2500, con sistema de alimentación controlada (a), rotor y canasta (b).

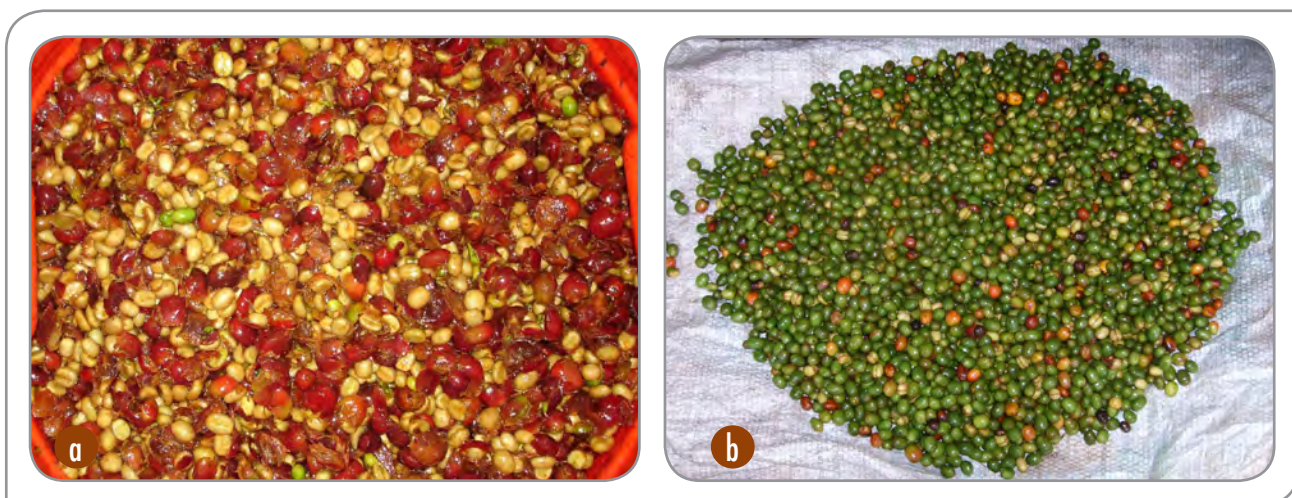


Figura 16.

Material producido con la separadora de verdes: En la descarga radial a y axial b.



Figura 17.

Café lavado obtenido a partir de café cereza con 10% de frutos verdes y posterior tratamiento con Becolsub para remover la pulpa y el mucílago presentes.

pulpa presente, y se incrementa el volumen específico de agua, alcanzado valores hasta de 5,25 L.kg⁻¹ de café seco. Las mieles generadas en el proceso (agua + mucílago) y la pulpa resultantes de 40 kg de material descargado radialmente se mezclaron obteniendo los resultados presentados en la Tabla 2. Los volúmenes de lixiviados son elevados al igual que la DQO, por lo cual se recomienda llevarlos a plantas de tratamiento para disminuir su impacto ambiental.

Los resultados obtenidos con la máquina JM Estrada 2500, con flujo de café en cereza en el rango de 1.500 a 2.500 kg.h⁻¹ y porcentaje de frutos verdes inicial del 4% al 10%, indican que esta máquina es apropiada para

separar frutos verdes, con una eficacia promedio de 98,3%, sin causar daño mecánico a los granos. El café despulpado por la máquina presenta 50,6% de pulpa y 1,2% de frutos maduros sin despulpar. La primera se retira utilizando una despulpadora convencional, los segundos son despulpados al pasar el café por la despulpadora. Al procesar el café con la tecnología Becolsub, desarrollada en Cenicafé (Roa et al., 1999), para retirar el mucílago por medio mecánico y controlar parte de la contaminación, se generan lixiviados con carga de 61.200 a 112.500 mg.L⁻¹, que deben ser tratados para reducir su impacto ambiental.

Despulpado de café

El despulpado del café es la primera etapa del beneficio húmedo en la que el fruto pasa por una transformación, dado que se dejan libres de pulpa o cáscara, las dos semillas que normalmente se encuentran dentro. Esta labor la realizan eficientemente las máquinas despulpadoras, las cuales aplican esfuerzos cortantes y de compresión a los frutos para que la pulpa se rasgue y salgan libremente los dos granos, gracias también a la acción lubricante del mucílago que las recubre.

Tipos de despulpadora

Existen varias clases de despulpadoras: Las máquinas más comunes en Colombia son las de cilindro horizontal, las de cilindro vertical y, menos usadas, las de disco.

Las despulpadoras de cilindro horizontal, cuentan con un cilindro ubicado en un eje horizontal, el cual está recubierto por una lámina, llamada camisa, con protuberancias, llamadas “dientes” o “uñas” (Figura 18). Cuando el cilindro gira, presiona los frutos contra un pechero para que las

Rendimiento (kg.h ⁻¹ de café cereza)	Separación de frutos verdes	Daño Mecánico	Frutos maduros sin despulpar (%)	Frutos maduros en descarga axial
1.500	98,5	0,0	1,32	0,05
2.000	98,3	0,0	0,53	0,05
2.500	99,4	0,0	0,51	0,02

Tabla 1.

Resultados obtenidos en la evaluación de la separadora mecánica de frutos verdes de café JMEstrada 2500. Fuente Oliveros et al. (2010).

Tratamiento	Consumo específico de agua (L.kg ⁻¹ cps)	Volumen de lixiviados (L)	DQO (mg.L ⁻¹)	kg DQO	kg DQO/100 kg de café cereza
1 (1.500 kg.h - 4%)	2,73	5,30	81.500	0,43	1,08
2 (2.000 kg.h - 4%)	2,89	4,00	122.500	0,49	1,23
3 (2.500 kg.h - 4%)	4,39	6,00	95.700	0,57	1,44
4 (1.500 kg.h - 7%)	4,25	8,00	59.200	0,47	1,18
5 (2.000 kg.h - 7%)	5,25	9,50	61.200	0,58	1,45

Tabla 2.

Consumo específico de agua, volumen de lixiviados y demanda química de oxígeno (DQO) de los lixiviados al procesar el café con la separadora mecánica de frutos verdes JMEstrada 2500, en un módulo Becolsub 1000. Fuente Oliveros et al. (2010).

semillas salgan del fruto. Para que los granos y la pulpa vayan por caminos separados, los granos son obligados a moverse por canales labrados en el pechero de la máquina, hasta el punto de descarga del café despulpado, mientras que las uñas agarran la pulpa y la sueltan en la parte posterior de la máquina por efecto de la fuerza centrífuga.



Figura 18.

Despulpadora de cilindro horizontal.



Figura 19.

Despulpadora de cilindro vertical.

Las máquinas despulpadoras de cilindro vertical (Figura 19), trabajan de manera similar a las de cilindro horizontal, con la ventaja que la disposición le permite manejar mayor número de canales, por lo que con bajo volumen pueden alcanzar capacidades relativamente altas (hasta 2.500 kg.h). Sin embargo, el mayor número de mecanismos hace que este tipo de despulpadora sea más compleja.

Las máquinas de disco también presionan los frutos contra una superficie fija con un disco giratorio que tiene protuberancias en ambas caras (Figura 20). Tiene la ventaja que en muy bajo volumen se puede tener grandes capacidades, ya que se pueden instalar varios discos en un solo eje. La capacidad de estas máquinas es del mismo orden que las de cilindro vertical por cada disco.

Despulpado del café sin agua

Hasta hace algunas décadas, se pensaba que las máquinas despulpadoras necesitaban agua para realizar bien su trabajo. Con la motivación de reducir el consumo de agua en esta etapa, Álvarez (1991) condujo una investigación para determinar los volúmenes mínimos requeridos para realizar el despulpado de café en máquinas de cilindro horizontal, encontrando que cuando esta operación se hacía sin agua, las características del producto eran iguales a las del café procesado con agua, y que la potencia requerida era igual.



Este resultado permitió concluir que el fruto de café maduro tiene el agua suficiente para llevar a cabo el despulpado en máquinas de cilindro horizontal sin requerir agua adicional (Despulpado en seco). Con estos datos, Zambrano (1994) y Zambrano et al. (1999) determinaron que el uso de agua para el despulpado del café, el transporte de la pulpa hasta las fosas y el transporte del café despulpado contribuye con 82,9 g de DQO/kg de café en cereza, el cual es equivalente al 72% de la contaminación potencial del agua por beneficio húmedo.



Figura 20.

Despulpadora de disco.

Estos antecedentes motivaron a los fabricantes de máquinas de cilindro vertical a mejorar el diseño para realizar el despulpado de café sin agua. Álvarez (1995) condujo una serie de ciclos de diseño, con el objetivo de encontrar la forma de realizar el despulpado de café en máquinas de cilindro vertical sin el uso de agua, logrando finalmente el propósito sin afectar la capacidad de procesamiento de las despulpadoras.

Si bien en las máquinas de disco se han logrado reducciones significativas en el uso del agua, no se ha logrado la reducción total del uso del líquido para realizar la labor.

Clasificación del café despulpado por tamaño

Como se describió anteriormente, los frutos que tienen mucílago, ya sean pintones, maduros y sobremaduros, son despulpados con facilidad en las máquinas utilizadas, sin embargo, los frutos que carecen de éste, como los verdes y secos, pasan enteros o ligeramente dañados, acompañando a los granos despulpados. **Dado que los frutos sin mucílago son de mayor tamaño que los granos despulpados, pueden ser retirados del flujo principal por medio de un sistema de clasificación por tamaño.** Para tal fin existen las zarandas o cribas, las cuales por medio de algún tipo de movimiento exponen los granos a aberturas de un tamaño y forma preestablecidos, para que pasen o se retengan.

Dada la forma semi-elipsoide de los granos de café despulpado, con el fin de remover principalmente los frutos secos y verdes que no fueron despulpados, se utilizan aberturas alargadas en las cuales se clasifican los granos por espesor (la menor dimensión). De esa manera, los frutos secos y verdes son retenidos, mientras que el café despulpado pasa la zaranda, siempre que su espesor sea inferior al ancho de las aberturas. Esta característica hace que el ancho de las aberturas sea un aspecto crítico en la eficiencia del beneficio de café, ya que una subestimación de esta dimensión genera pérdidas considerables, en razón a que una cantidad apreciable de granos buenos de gran tamaño, pueden quedar retenidos con los frutos que no fueron despulpados. Así mismo, la sobreestimación de ella trae como consecuencia la aparición de material indeseable en el café del flujo principal.

En el mercado existen principalmente dos maneras de formar las aberturas de las zarandas: Perforaciones oblongas troqueladas sobre láminas o con arreglos de varillas paralelas, igualmente espaciadas, ya sean de sección circular o planas. Así mismo, existen dos maneras de mover las zarandas, en vaivén y rotatorias.

Zarandas de vaivén. Las zarandas de vaivén (Figura 21) son estructuras planas construidas normalmente en lámina troquelada con perforaciones oblongas, a las cuales se les imprime un movimiento oscilatorio unidireccional, con una carrera de unos pocos centímetros. El plano de la zaranda tiene una pequeña inclinación con respecto a la horizontal de tal manera que con el movimiento promueve la exposición de todo el material a las aberturas, lo mismo que el desplazamiento hacia adelante, de los granos de café que están sobre ella. Las zarandas rotatorias están reemplazando las de vaivén, porque éstas son para bajas capacidades, porque son ruidosas y porque la vibración que producen es perjudicial para otras estructuras.



Figura 21.

Zaranda plana de vaivén.

Zarandas rotatorias. Las zarandas rotatorias son normalmente cilindros de lámina troquelada o de varillas paralelas que giran lentamente sobre su eje, para exponer los frutos a las aberturas (Figura 22). Se acostumbra una pequeña inclinación con la horizontal o incluir hélices internas para generar el movimiento del material retenido hacia adelante.



Figura 22.

Zaranda rotatoria cilíndrica de varillas.

Ancho de las aberturas de la zaranda. Cuando las variedades de café más sembradas eran Colombia y Caturra, se acostumbraba seleccionar una abertura con un ancho de 7,5 mm. Sin embargo, con la introducción de la Variedad Castillo®, que tiene un gran contenido de granos de mayor tamaño, esta dimensión se ha aumentado hasta 8,0 mm. No obstante, cuando esta selección del ancho de las aberturas se hace *a priori*, se corre el riesgo de aumentar las pérdidas de café bueno con los de menor calidad. Por tal razón se podría disponer de láminas troqueladas con anchos alrededor de las dimensiones mencionadas, o cilindros de varillas con diferentes separaciones, según el caso, para ser cambiadas en los momentos en que se note el

incremento de las pérdidas o el incremento de material indeseable en la masa principal de café.

Láminas troqueladas versus zarandas de varillas. En el conocimiento popular en la caficultura colombiana hay diferentes conceptos acerca de los dos tipos de aberturas usadas en las zarandas para café despulpado. Hay personas que prefieren las láminas troqueladas porque retienen mayor cantidad de pulpa suelta, lo cual es explicable por la menor área perforada, comparada con la de varillas, lo que significa una mayor área donde quedar adheridas. Sin embargo, la menor área perforada crea la necesidad de mayor tiempo de retención del café dentro del dispositivo, lo que significa mayores dimensiones en las construcciones.

Las zarandas de varillas, por otro lado, tienen una mayor capacidad, de acuerdo a su longitud, con la restricción que no son adecuadas para remover trozos de pulpa. La Tabla 3 muestra las recomendaciones para la selección del diámetro y la longitud de las zarandas cilíndricas, de acuerdo a la capacidad requerida. Allí se puede observar la necesidad de mayor longitud cuando se usan zarandas cilíndricas de lámina troquelada.

Remoción de mucílago de café

El mucílago es una película gelatinosa constitutiva del café que queda expuesta cuando el fruto es despulpado, la cual está fuertemente adherida al endocarpio o pergamino, y se caracteriza por tener una fuerte capacidad de retención de agua debido a su composición, por lo que su contenido de humedad puede ser muy variable de acuerdo con las condiciones climáticas que prevalezcan durante la recolección.

El mucílago del café representa en promedio el 14,85% del peso del fruto fresco (Rodríguez, 2009) y 25,3% del peso del café recién despulpado (Peñuela, 2010). Rodríguez (1999) reportó valores de contenido de

Capacidad de la despulpadora (kg.h ⁻¹)	Diámetro (m)	Longitud varillas	Longitud lámina troquelada
		(m)	(m)
200	0,25	0,30	0,40
300	0,25	0,50	0,50
600	0,40	0,50	0,60
900	0,40	0,50	0,70
2.500	0,40	1,00	1,20
5.000	0,40	1,60	2,00
7.500	0,40	2,00	2,50

Tabla 3.

Datos prácticos para la construcción de zarandas cilíndricas.

humedad entre 89% y 96%. El mismo autor, reportó que los principales compuestos constituyentes del mucílago presentan valores promedio de 10,97% base seca (b.s.) de sustancias pécticas (que le dan consistencia gelatinosa), azúcares totales de 79,74% b.s., celulosa y cenizas.



Las razones por las cuales es necesario retirar el mucílago se centran en tres aspectos principalmente.

- *La primera razón se refiere a que el café colombiano pertenece al segmento del mercado de los denominados cafés suaves lavados, en los que hay una combinación entre la variedad de café de la especie Coffea arabica y el método de beneficio que involucra el despulpado y la remoción de mucílago antes del secado.*
- *Otra razón para retirar el mucílago es que esta película gelatinosa crea una barrera natural al flujo de humedad hacia el exterior del grano durante el secado, obteniendo un tiempo de secado muy prolongado y deterioro de la calidad del grano, no solamente físico sino también en taza, por lo que su eliminación facilita el secado.*
- *El tercer argumento para retirar el mucílago está relacionado con la inocuidad del producto, dado que al remover esta capa se disminuye considerablemente la carga microbiana presente en el grano.*

Dentro del proceso de beneficio húmedo se tienen diferentes alternativas para remover el mucílago del café despulpado; éstos incluyen medios naturales, mecánicos y con adición de enzimas. Los métodos naturales se refieren a la degradación del mucílago por medio de la fermentación natural y posterior lavado, mientras que los métodos mecánicos se refieren a máquinas que agitan la masa de café despulpado para remover el mucílago. También se pueden adicionar enzimas pectinolíticas para acelerar el proceso de degradación de mucílago y tener café lavado más rápidamente.

Fermentación natural del mucílago

La fermentación natural es la manera más sencilla y tradicional para degradar el mucílago, dado que en ella se interrelacionan los agentes suministrados naturalmente por el ambiente. El mucílago del café con su composición rica en azúcares y agua, es un medio propicio para que los microorganismos, como levaduras, mohos y bacterias, realicen las transformaciones de estos compuestos, generando sustancias como alcoholes y ácidos orgánicos que son solubles en el agua, por lo que se facilita el lavado posterior.

En este proceso, que sucede espontáneamente, se lleva a cabo su control a través del tiempo, con el cual se determina la finalización del mismo. En estudios realizados por Peñuela et al. (2010), se evaluó el efecto de la selección del café antes del despulpado (Calidad de la materia prima) y de la cantidad de café en el tanque sobre el tiempo de fermentación, determinado mediante una remoción de mucílago superior al 97%.

En la Figura 23 se observan diferencias en la apariencia de la masa de café despulpado con y sin selección (Calidad), debida principalmente a la cantidad de frutos secos que ingresan directamente a la masa de café que no ha tenido selección, la proporción de estos frutos representó para este estudio aproximadamente 6% más en relación con el café que ha sido clasificado.

Con estas dos condiciones de calidad de café en el tanque, se realizó el **seguimiento a la temperatura de la masa durante el proceso de fermentación, obteniéndose mayores valores en la masa de café sin clasificación, especialmente al final de la fermentación.** Esta condición se puede generar debido a la mayor cantidad de materia orgánica y microorganismos suministrados por los frutos secos. Todo lo anterior, hace que el tiempo de fermentación sea menor en este tipo de masa respecto a la masa proveniente de café clasificado, como se observa en la Tabla 4.

En este estudio se identificó además el **efecto sobre la calidad en taza de no seleccionar la materia prima antes del despulpado**, dado que se obtuvo menor proporción de tazas (11,5%) con impresión global mayor que 7,0 que clasifica al café como bueno, respecto a la proporción de tazas con la misma calificación para el café clasificado (19,3%). Adicionalmente, el café sin selección presentó mayor cantidad de notas desagradables, tales como ásperas, astrigentes y leñosas no agradables.

No se obtuvieron diferencias respecto a los resultados de la evaluación del efecto de la cantidad de café en el tanque sobre el tiempo de fermentación (Tabla 5).



Figura 23.

Aspecto de la masa de café desulpado. **a.** Sin clasificación; **b.** Con clasificación.

Identificación del punto de lavado

Para determinar el momento en el que se debe lavar el café, con el fin de eliminar el mucílago degradado y los subproductos de la fermentación, el caficultor debe recurrir a métodos tradicionales, que se han utilizado para determinar de forma fácil pero subjetiva el punto de lavado³.

En Cenicafé se realizó la evaluación de los dos métodos más utilizados por los caficultores, para la determinación del punto final de la fermentación, con el fin de determinar su eficacia (Peñuela, 2010), **el método del orificio en la masa y el método del tacto**. La evaluación consistió en identificar la respuesta en el tiempo a medida que avanzó el proceso de fermentación.

Con el método del orificio en la masa se identificó el punto de lavado cuando el proceso de fermentación llevaba transcurrido un tiempo de 7,29 h y con el método del tacto el tiempo promedio de punto de lavado ocurrió a las 10,23 h de iniciado el proceso. Con los dos métodos, el tiempo determinado para lavar el café fue diferente del momento determinado con el método de referencia, es decir, cuando se detecta que la remoción de mucílago es superior al 97% mediante reacción con enzima pectinolítica, el cual es de $15,5 \pm 0,9$ horas.

Los métodos utilizados tradicionalmente para identificar el punto de lavado presentaron error, dando respuesta afirmativa mucho antes de degradar completamente mucílago. Con el tiempo obtenido en

Materia prima	Tiempo para remoción mayor a 97% (h)
Con selección	16,31 a
Sin selección	15,00 b

Tabla 4.

Promedio de tiempo de remoción para dos clases de materia prima.

Letras no comunes implican diferencia estadística al 5% según prueba de t.

Materia prima	Cantidad de café en el tanque (%)			
	25	50	75	100
Clasificada (h)	16,4 a	16,4 a	16,2 a	16,25 a
Sin clasificar (h)	15,0 b	15,0 b	14,6 b	15,40 b

Tabla 5.

Promedios de tiempo (hora) de remoción para diferentes cantidades.

Letras no comunes implican diferencia estadística al 5% según prueba de t.

³ Punto de lavado. Es el momento del proceso de fermentación de mucílago en el que éste alcanza la degradación y se pueden retirar sus residuos por medio del lavado, para que no se alteren las características sensoriales del café y el grano pueda continuar con la etapa de secado.

cada método se obtuvieron porcentajes de remoción en promedio de 58% y 74% para el método del orificio y del tacto, respectivamente.

Método para identificar el momento final de fermentación de mucílago de café

En Cenicafé se desarrolló un método para determinar objetivamente el punto de lavado del café en fermentación, basado en la relación entre el cambio de volumen de la masa de café y el porcentaje de remoción de mucílago (Peñuela *et al.*, 2010; Peñuela y Pabón, 2012; Peñuela *et al.*, 2012). Este desarrollo es el resultado de un proceso de diseño, selección y evaluación de un dispositivo en forma de cono truncado perforado, dentro del cual se deposita una muestra de café despulpado de 500 cm³, (Figura 24 a), proveniente de la masa de café que inicia la fermentación (Figura 24 b y c), el dispositivo se cierra (Figura 24 d) y se coloca en el interior de la masa apoyado sobre la base, de forma que se vea su ubicación dentro del tanque (Figura 24 e).

Cuando el café se encuentra listo para ser lavado, debe observarse en la parte aguda del dispositivo un espacio vacío de 85 mm, que coincide con la primera marca del dispositivo (Figura 24 f) y corresponde al mucílago degradado y drenado a través de las perforaciones. Cuando el café está en este estado tiene una remoción de mucílago mayor al 95%, suficiente para iniciar el lavado de forma segura.

Como resultado de la determinación del punto de lavado en 65 pruebas realizadas en fincas de caficultores de Caldas, Risaralda y Valle del Cauca, permitió obtener una eficacia del 97%, un resultado destacado dada la diversidad de los factores que afectan el proceso, tales como: Condiciones ambientales, variedad, calidad de café, formas de procesamiento y tipo de infraestructura, lo cual indica la robustez del método y la posibilidad de aplicación en la diversidad de la caficultura (Peñuela y Pabón, 2012).

Durante esta evaluación, también se registró el tiempo obtenido según el método y el tiempo utilizado tradicionalmente por el caficultor y se identificó que, en el 25% de los casos, el tiempo definido por el caficultor para lavar el café fue igual al determinado por el método, sobreestimado en el 36,5% y subestimado en el 38,5%.

Adicionalmente, se tomaron muestras de café lavado de acuerdo a la recomendación del método y se llevaron al secador inmediatamente hasta obtener una humedad entre el 10% y 12%. Como resultado de este proceso se obtuvieron 94% de las muestras con taza limpia y 92% de ellas con calificación mayor que 75 puntos, lo cual clasifica



Figura 24.

Dispositivo utilizado para el uso del método para identificar el punto final de fermentación. **a.** Inicio del proceso con café despulpado; **b., c., d. y e.** Pasos para el llenado del dispositivo como cono truncado; **f.** Finalización del proceso con café listo para lavar.

al café como de **calidad buena**, de acuerdo con la escala de evaluación⁴. Lo anterior permitió concluir que con el uso de este método es posible disminuir los riesgos sobre la calidad del café, debidos a la fermentación.

Recomendaciones para el manejo del dispositivo

Para obtener una correcta respuesta en la identificación del punto final de la fermentación es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- El café debe estar recién despulpado, por lo que no se debe mezclar café de diferentes tandas de despulpado.
- La muestra de café a ser depositada en el dispositivo debe ser representativa de la totalidad de la masa que estará en proceso de fermentación.
- Para permitir el adecuado flujo de mucílago dentro del dispositivo y permitir su drenado, el café despulpado debe contener máximo de 10% de pulpa y seguir los requisitos definidos en la NTC2090.

⁴ SCAA: Asociación Americana de Cafés Especiales, por su sigla en inglés

- Colocar el dispositivo con la muestra de café recién despulpado dentro de la masa de café y apoyado sobre la base, de forma que se observe el lugar en el que fue colocado, para poder realizar el seguimiento del proceso.

Ventajas del manejo del dispositivo

- El uso de esta metodología se convierte en una herramienta de control no solo de la fermentación, sino de los procesos de selección, despulpado, clasificación y aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas, dadas las recomendaciones para obtener buenos resultados.
- Ayuda a controlar el proceso de fermentación de una manera objetiva.
- La etapa de fermentación continúa siendo sencilla, en la que el uso del dispositivo y método no complican la operación de la etapa.
- Utilizando esta metodología, la indicación del punto de lavado no depende del tiempo ni de otros factores que puedan afectar el proceso de fermentación tales como madurez del café, condiciones ambientales, tipo de tanque, cantidad de café, variedad, condiciones de proceso.
- Con el uso repetido del método, el caficultor aprende a conocer el proceso y da mayor posibilidad de control ante el efecto de factores externos.

Uso de enzimas pectinolíticas para remover el mucílago

Otra alternativa para remover el mucílago del café es mediante la aplicación de enzimas pectinolíticas al café despulpado, cuyo uso ha sido estudiado en diferentes países productores desde hace más de 50 años, con los resultados esperados en la disminución del tiempo de proceso, ya que las enzimas activan las reacciones que en condiciones naturales tienden a ser lentas.

Sin embargo, solo con el apoyo de la biotecnología se logró el desarrollo de una preparación enzimática de alta concentración específica para actuar sobre el mucílago del café y que recientemente fue evaluada en Cenicafé, en aspectos técnicos como tiempo de remoción y concentración, aspectos ambientales como la identificación de la carga orgánica adicional en el agua residual y en la calidad final del café respecto al análisis físico y sensorial. Inicialmente se obtuvieron resultados en el laboratorio, los cuales posteriormente fueron validados en el campo (Peñuela *et al.*, 2011).

En esta investigación se evaluó el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de enzima, desde 100 mg.kg⁻¹ hasta 400 mg.kg⁻¹ a la masa de café despulpado, en tres temperaturas del ambiente, 15 °C, 20 °C y 25 °C, sobre el tiempo de remoción. Se tuvo como testigo la fermentación natural.

Se obtuvieron valores de remoción de mucílago mayores del 80% en una hora, para todos los tratamientos, sin diferencias bajo las temperaturas evaluadas, sin embargo los resultados mostraron una tendencia lineal positiva para la concentración, es decir, a mayor concentración de enzima mayor remoción de mucílago en una hora. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 6.

Los resultados mostraron que es posible obtener una remoción de mucílago mayor al 98% en un tiempo de tres horas, cuando se aplica enzima a una concentración de 100 mg.kg⁻¹ (Miligramos de enzima por cada kilogramo de café despulpado). Así mismo, se identificó que la adición de enzimas al proceso no afecta la carga orgánica del agua de lavado, al ser comparada con el agua de fermentación natural, es decir, no hubo diferencias en los valores de sólidos (totales y solubles), ni en los de demanda química de oxígeno, por lo que el agua de lavado puede continuar con el proceso de tratamiento de aguas residuales, como

Concentración Temperatura	100		200		300		400		Prom. (%)	D.E. (%)
	Prom. (%)	D.E. (%)	Prom. (%)	D.E. (%)	Prom. (%)	D.E. (%)	Prom. (%)	D.E. (%)		
15 °C	82,7	3,9	87,4	4,5	90,4	3,3	91,9	3,2	88,1	5,0
20 °C	86,4	2,8	88,4	2,7	88,7	2,2	89,2	4,0	88,2	3,0
25 °C	85,6	1,9	84,9	6,7	86,1	6,4	89,9	3,3	86,6	5,0
Prom.	84,9		86,9		88,4		90,3			
D. E.	3,2		4,7		4,4		3,5			

Tabla 6.

Promedio (Prom.) y desviación estándar (D.E.) para el porcentaje de remoción de mucílago en una hora, de acuerdo a la concentración y la temperatura.

se realiza normalmente con las provenientes del lavado de café con fermentación natural, con el fin de remover la mayor cantidad de carga orgánica antes de ser liberada a las fuentes de agua (Peñuela *et al.*, 2010). La Tabla 7, muestra los valores promedio obtenidos.

Para determinar el efecto de la adición de enzimas sobre la calidad final del café, en todas las muestras evaluadas se controlaron factores que pueden afectarla, como son la calidad de la recolección, la variedad de café (para este caso se trabajó con la Variedad Castillo[®]), la presencia de impurezas y de frutos de menor calidad antes del despulpado, la remoción completa del mucílago y el secado solar inmediato después del lavado, hasta obtener una humedad final entre 10% y 12% base húmeda (b.h.) Posteriormente, las muestras se enviaron al panel de catación para su evaluación sensorial.

La calidad sensorial del café no se afectó por la adición de enzimas como ayudante del proceso de remoción de mucílago. Ninguna de las muestras analizadas por el

panel de catación, provenientes de los tratamientos con y sin aplicación de enzimas, presentó defectos ni rechazo. Además, la proporción de tazas con más de 75 puntos⁵, considerada como una calidad usual buena, fue de 64,3% cuando provenían de fermentación natural y 67,9% cuando se aplicó enzima.

En la Tabla 8 se observan las diferencias de tiempo de proceso entre los tratamientos con enzimas y fermentación natural; la adición de enzimas al proceso disminuyó a una décima parte el tiempo establecido por los caficultores para remover el mucílago por fermentación natural.

Consideraciones prácticas

En el proceso de validación en el campo en fincas de caficultores ubicadas en diferentes departamentos cafeteros del país, la calidad del café despulpado presentó gran variación de condiciones al momento de realizar las evaluaciones, tales como diferentes variedades, época de cosecha, calidad de la recolección y condiciones del proceso de beneficio en cada finca, sin embargo, el valor de remoción de mucílago obtenido en el campo (97%) fue similar al obtenido en el laboratorio (98%), resultado que genera confianza en la efectividad de la enzima.

Esto indica que se puede obtener café de mejor calidad en taza cuando se controla el proceso de fermentación a través de la aplicación de enzimas, debido a que se obtiene una alta remoción de mucílago en poco tiempo de proceso. Para la aplicación de enzimas al café despulpado se recomienda seguir el procedimiento Anexo No. 14.

En cuanto a la calidad física, las muestras obtenidas de los dos tratamientos en cada finca mostraron un promedio de porcentaje de almendra sana de 77,0% y 77,2% para el café por fermentación natural y con adición de enzima, respectivamente. Respecto a la calidad en taza, el 70% de las muestras a las cuales se les aplicó la enzima tuvieron una calificación de calidad usual buena, mientras que en las muestras procedentes de fermentación natural fue del 55%.

Indicador	Valores de referencia	Fermentación natural	Valores obtenidos (enzimas)
Sólidos suspendidos totales (mg.L ⁻¹)	< 4.000	3.480	3.040
Sólidos totales (mg.L ⁻¹)	30.000*	23.751	21.295
D.Q.O. (mg.L ⁻¹)	27.000*	27.561	27.700
pH	3,5 - 4,0	3,83	5,64 - 5,96

* Valores aproximados

Tabla 7.

Indicadores de la calidad de aguas residuales del lavado del café.

⁵ Para la evaluación, el panel de catación utilizó la escala de la Asociación Americana de Cafés Especiales- SCAA.

Además de la disminución del tiempo en el proceso, las ventajas que se obtienen al utilizar enzimas se resumen a continuación:

- Se puede aplicar en bajas concentraciones, con buenos resultados en los aspectos técnicos y ambientales.
- La adición de enzimas facilita la determinación del momento oportuno para lavar el café, en los casos en los cuales se tenga dificultad para hacerlo.
- Permite aumentar la capacidad de procesamiento sin necesidad de aumentar infraestructura, es decir, en épocas de plena cosecha en las que se debe procesar varios lotes de café en el mismo día, se puede lavar sin necesidad de disponer de más tanques para la fermentación.
- Permite dar continuidad al beneficio, en general, y disminuir el tiempo total de proceso.
- Se puede realizar una mejor programación de actividades en la finca, dado el control del proceso.

Desmucilaginado mecánico de café

El mucílago que recubre el pergamino de los granos de café puede ser removido por medios mecánicos a través del uso de agitadores a altas velocidades, que causan esfuerzos cortantes a la masa de café despulpaado y promueven colisiones entre los mismos granos, y entre los granos y las partes fijas y móviles de la máquina, para realizar este desprendimiento.

Sin embargo, esas acciones deben ser adecuadas para evitar que los granos queden con restos de mucílago, que continúan en procesos de fermentación que causan defectos en la calidad del café, con sabores como vinagre, fermento, *stinker* y otros que no son aceptados en la comercialización del café. Los restos de mucílago toman una apariencia rojiza durante el secado, que le dan un aspecto manchado al pergamino de los granos, el cual se detecta fácilmente y ocasionan el rechazo del producto. Si por el contrario la agitación dentro de la máquina es más fuerte de la requerida, se corre el riesgo de causar daño mecánico a los granos.

Tecnología Deslim. Oliveros *et al.* (1995), desarrollaron un equipo para el desprendimiento, lavado y limpieza del

mucílago que recubre el café despulpaado, sin necesidad de someter esa capa gelatinosa a degradación por otros medios, como la fermentación natural. El equipo es denominado Deslim por las labores que realiza al café (Desmucilaginado, Lavado y Limpieza) y con el cual se disminuye sustancialmente el consumo específico de agua, al pasar de un consumo específico de agua de más de 20 L.kg⁻¹ de café pergamino seco a menos de 1,0 L.kg⁻¹, cuando se opera de la manera recomendada.

El desmucilagador Deslim consta de una parte fija o carcasa, que en este caso es una lámina con perforaciones oblongas, y una parte giratoria denominada rotor. El equipo es de flujo ascendente por acción de un tornillo sinfín en la base del rotor, que al girar fuerza a los granos de café despulpaado a entrar a la cámara de agitación. Posteriormente, en el rotor se encuentran los agitadores de tipo Colmecano (Figura 25), los cuales cuentan con

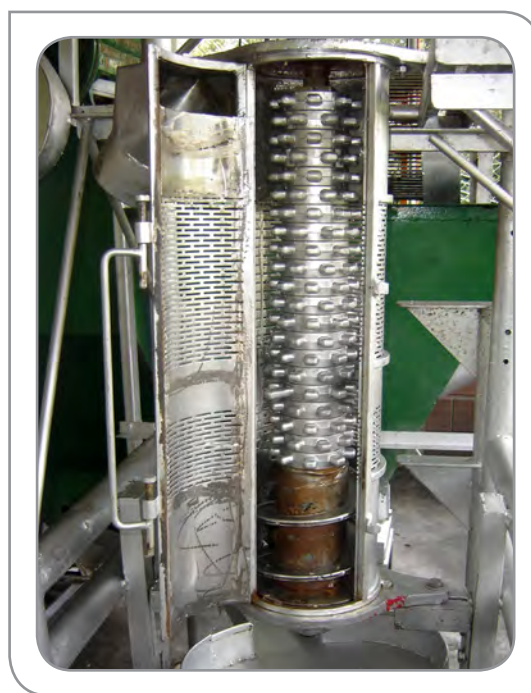


Figura 25.

Desmucilagador mecánico Deslim.

	Remoción de mucílago (%)		Tiempo de fermentación natural (h)
	Adición de enzimas (3 horas)	Fermentación natural	
Promedio	97,0	96,9	27,3
Mínimo	93,9	94,8	16,0
Máximo	98,9	98,7	48,0
Desv. Estándar	1,3	1,1	13,0

Tabla 8.

Valores promedio, mínimo y máximo para la remoción de mucílago y tiempo de fermentación natural, para los dos procesos evaluados.

ocho dientes de sección rectangular que al girar causan los esfuerzos cortantes suficientes para desprender el mucílago que recubre los granos de café. Para disminuir la energía necesaria en el eje de la máquina y lograr el flujo de mucílago a través de las perforaciones de la carcasa, por efecto de la fuerza centrífuga (Figura 26), en la parte superior de la máquina se adiciona una pequeña cantidad de agua. Cuando el café llega al punto más alto de la cámara se encuentra libre de mucílago e impurezas, listo para pasar a la etapa de secado.

Adicionalmente, para aprovechar el movimiento dentro de la máquina, algunos agitadores poseen dientes más largos con el fin de mantener limpias las perforaciones de la carcasa, por las fuerzas de arrastre que generan sobre la superficie interna de ésta, al girar a 870 revoluciones por minuto. Estos dedos le dan la característica autolimpiante al equipo Deslim.

El café procesado con el equipo Deslim, operado de la manera recomendada por Cenicafe, presenta una remoción de mucílago superior al 98% y un daño mecánico que varía entre 0,8 y 1,1% (Mejía *et al.*, 2007). Así mismo, el café resultante del proceso con desmucilaginado mecánico presenta calidad en taza igual a la que presenta el café procesado con fermentación natural. El trabajo realizado por Pabón *et al.* (2008, 2009), en el que dejaron café desmucilaginado mecánicamente de un día a otro, demostró que más del 70% de las tazas de café dieron calificación superior o igual a seis en la impresión global y que más del 50% de las tazas fueron calificadas con calidad superior.



Figura 26.

Desmucilagador Deslim en funcionamiento.

De acuerdo a un proceso de escalonamiento hacia arriba y hacia abajo, desarrollado por Oliveros y Guansekarán (1995), a partir del modelo con capacidad para 300 kg de café cereza por hora, se determinaron las dimensiones de los modelos de mayor y menor capacidad. Es así como

se llegó con gran exactitud a los modelos para procesar 100, 600, 1.200 y 2.500 kg.h⁻¹ de café en cereza, obteniendo los mismos resultados de consumo específico de agua, remoción de mucílago, calidad, daño mecánico y requerimiento de potencia.

Tecnología Becolsub

El desarrollo de la tecnología para el desmucilaginado mecánico con muy poca agua dio origen a la tecnología Becolsub (Roa *et al.*, 1997; Oliveros *et al.*, 1998; Roa *et al.*, 1999), la cual consiste en un proceso en el que se integran el despulpado del café sin agua, la remoción mecánica del mucílago del café en un desmucilagador Deslim y el transporte y mezcla de la pulpa y el mucílago en un transportador de tornillo sinfín (Sanz, 1995). La alta concentración de mucílago y la viscosidad de la mezcla mucílago-agua, permiten que durante el transporte en el tornillo sinfín se promueva una retención del fluido superior al 50%, lo que hace posible mayor control de la contaminación generada en el proceso con Becolsub. El valor alcanzado, de alrededor del 20%, sumado al control obtenido en el despulpado sin agua (72%), permiten controlar más del 90% de la contaminación potencial obtenida con beneficio húmedo de café (Roa *et al.*, 1999).

La tecnología Becolsub (Figura 27) se ofreció en módulos con las diferentes capacidades de los equipos Deslim (100, 300, 600, 1.200 y 2.500 kg.h⁻¹ de café en cereza), en principio con la opción de elegir el uso o no de la zaranda. Sin embargo, por los menores costos y por la posibilidad de volver aparentemente buenos a granos de café guayaba y media cara, los caficultores optaron por la opción sin zaranda, lo que podría tener poco efecto sobre la calidad física de los granos, pero sí un efecto adverso



Figura 27.

Módulo Becolsub con capacidad para 300 kg.h⁻¹ de café en cereza.

sobre la calidad en taza, especialmente si son altos los porcentajes de estos granos, como es característico de las recolecciones de principio y final de cosecha. Dada la afectación sobre la calidad en taza de esta aparente recuperación de granos defectuosos, la recomendación actual es utilizar clasificación por tamaño en zarandas, antes de pasar al desmucilaginador mecánico.

Según Sanz *et al.* (2011), hay cerca de 15.000 unidades de Becolsub de diferentes capacidades, utilizadas por más del 80% de los potenciales usuarios, con las que se procesa aproximadamente la mitad del café de Colombia, lo que convierte a esta tecnología en un ejemplo de adopción. Tomando como base una producción anual de 10 millones de sacos, los equipos mencionados evitan que cada año más de 400.000 m³ de mucílago vayan a las corrientes naturales de agua.

Control flujos en la tecnología Becolsub. El desempeño ecológico de la tecnología Becolsub observado en las condiciones controladas de Cenicafé, no se presenta en las fincas. Salazar (2005), en una muestra de 203 caficultores ubicados en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Cauca, Santander, Huila y Valle del Cauca, encontró que el 32% de ellos usa módulo Becolsub, de los cuales el 20% utiliza menos de 1,0 L.kg⁻¹ de c.p.s., el 26% no sabe cuánto es el consumo específico de agua en su beneficiadero, el 32% utiliza entre 1,0 y 5,0 L.kg⁻¹ de c.p.s. y el 12% utiliza más de 5,0 L.kg⁻¹ de c.p.s.

Las diferencias entre lo recomendado y lo práctico, relacionadas con el consumo específico de agua, pueden atribuirse a que los fabricantes de los equipos Becolsub no ofrecen algún sistema de regulación de



Figura 28.

Máquina despulpadora tradicional con dosificador de tornillo sinfín.

caudal de agua, a máquinas despulpadoras calibradas con una capacidad diferente a la nominal del módulo, a diferencias de presión en la red de suministro de agua, o a que el control del agua se deja principalmente a operarios que abren a voluntad la válvula que regula el agua en el desmucilaginador.

Para evitar estos problemas Sanz *et al.* (2011) propusieron un sistema para dosificar el flujo de café en cereza en la despulpadora y otro sistema para el control del flujo de agua al desmucilaginador mecánico. El primero consistió en cambiar el método de dosificación tradicional utilizado en las máquinas despulpadoras, por un sistema de mayor

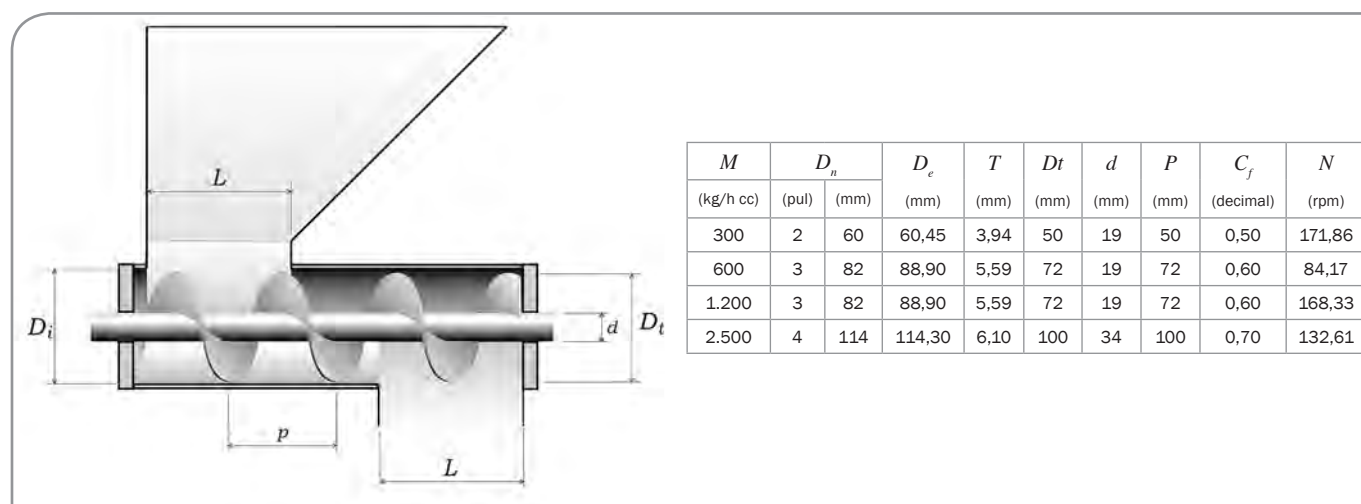


Figura 29.

Dimensiones principales para la dosificación de café en cereza con tornillo sinfín.



Figura 30.

Sistema de control de flujo de agua con motobomba y control de nivel.

exactitud y precisión como es un alimentador de tornillo sinfín (Figura 28).

En la Figura 29 se presentan las dimensiones principales del tornillo sinfín para obtener las capacidades principales requeridas en los módulos Becolsub.

Para controlar el flujo de agua se diseñó un sistema con una pequeña motobomba centrífuga y un control de nivel, de tal manera que se suministre siempre la misma cantidad de agua sin la necesidad de la intervención del operario (Figura 30).

Con el uso de los dos sistemas se logró un consumo específico de agua de $0,75 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco y una remoción de más del 98% del mucílago, con las mismas características de calidad del producto.

Otros desmucilaginosos mecánicos. La industria nacional ha hecho también aportes en el desarrollo de máquinas para remover el mucílago del café. Una de ellas es el desmucilaginoso mecánico de la empresa Penagos Hermanos y Cía. Ltda., quienes desarrollaron un equipo de flujo ascendente con agitadores con dedos de sección circular y canasta de varillas longitudinales, denominado Delva, el cual también es de varias capacidades. Uno de estos equipos fue evaluado en Cenicafé siguiendo las recomendaciones del fabricante y se obtuvo un consumo específico de agua promedio de $1,5 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco, con el que se logró una retención de líquidos en la pulpa muy pobre, la cual es perjudicial para los objetivos ecológicos,

pues los líquidos que drenan no solamente contienen sus materiales contaminantes propios sino también los materiales contaminantes de la pulpa.

Otra empresa nacional que realizó un desarrollo similar, es la empresa JM Estrada, que diseñó el desmucilaginoso mecánico de rotor varillas, argumentando menor requerimiento de potencia y menor daño mecánico sobre el café. Mejía *et al.* (2007) evaluaron el desempeño técnico y ambiental de uno de estos equipos, comparado con un módulo Becolsub de capacidad similar. En cuanto al desempeño técnico, el equipo con rotor de varillas presentó una remoción de mucílago entre 79,2% y 82,4%, un daño mecánico sobre el producto entre 0,3% y 0,4% y un requerimiento de potencia entre 2,5 y 2,7 kW. La remoción de mucílago es muy baja comparada con el 98% de remoción en el desmucilaginoso Deslim, lo que hace necesario una remoción de mucílago posterior con agua. Si bien el daño mecánico obtenido con el equipo con rotor de varillas fue la mitad del obtenido con el desmucilaginoso Deslim, los dos daños causados al producto se encuentran en límites en los cuales no se causa perjuicio económico al caficultor. Además, cabe anotar que el requerimiento de potencia es igual para ambos equipos.

El consumo específico de agua con el desmucilaginoso con rotor de varillas es de $3,32 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco, incluyendo los enjuagues adicionales para remover el mucílago que no remueve el equipo. Este valor está muy por encima del consumo específico de agua que se obtiene con el uso del módulo Becolsub, el cual es menor a $1,0 \text{ L.kg}^{-1}$ de café pergamino seco.

Lavado de café

Una vez degradado el mucílago por fermentación natural o por la adición de enzimas, se procede con el lavado, el cual tiene como finalidad principal remover definitivamente el mucílago de los granos de café, con el fin de evitar manchas sobre el pergamino o la aparición posterior de sabores defectuosos. Sin embargo, dada la necesidad del uso de agua en esta etapa, muchos de los dispositivos usados para lavado son usados simultáneamente para la clasificación del café por densidad.

En el lavado interviene el agua necesariamente como insumo al proceso, por lo que se deben considerar dos aspectos fundamentales para que la operación sea eficaz: La calidad y la cantidad. En cuanto al primer aspecto se recomienda utilizar agua limpia, no recirculada, de modo que no genere contaminación cruzada al café y no altere su inocuidad final.

La cantidad del agua que se utilice en el proceso depende de la forma como se realice la operación. Existen diferentes tecnologías para realizarla, las cuales difieren principalmente

en la infraestructura disponible y en el efecto sobre los volúmenes de agua que se usan en el proceso.

En Colombia se utilizan las siguientes tecnologías para lavar y clasificar café en proceso con fermentación natural:

Agitación manual en el tanque. El menor volumen específico de agua ($4,17 \text{ L.kg}^{-1}$ de c.p.s.) se logra utilizando un tanque con bordes redondeados y una paleta, denominado tanque tina, como se muestra en la Figura 31 (Zambrano, 1993; Zambrano e Isaza, 1994). Se emplean cuatro enjuagues, cubriendo totalmente la masa con agua limpia en cada uno, y retirando los granos que

flotan, de inferior calidad. Si se disponen adecuadamente estas mieles y se despulpa el café sin utilizar agua se logra controlar el 85% de la contaminación potencial. En Cenicafé se ha observado rendimiento de 270 kg.h^{-1} de café lavado y aguas residuales de lavado con carga de contaminación de 25.946 mg.L^{-1} .

Sanz *et al.* (2007) desarrollaron una paleta para agitar la masa de café durante el lavado del café en el tanque, con la cual se logra reducir la energía utilizada en 41,6% y 29,0% en el primer y segundo enjuagues, respectivamente, con relación a la paleta diseñada por Zambrano (Zambrano, 1993).



Figura 31.

a. Tanque con aristas redondeadas, “tanque tina”; b. Paleta para agitar la masa de café durante el lavado.



Figura 32.

Canal de correteo utilizado para el lavado y clasificación del café. a. Café transportado con agua desde el tanque de fermentación; b. Agitación manual del café.

Canal de correteo. Dispositivo hidráulico, generalmente de sección transversal rectangular y ligera pendiente (Figura 32), empleado para lavar, limpiar y clasificar el café (Roa *et al.*, 1999). El café se deposita inicialmente en un tramo del canal, se cubre con una lámina de agua de 2 a 3 cm y se agita con una paleta; al agitar la masa de café y el agua se generan fuertes corrientes que arrastran los granos de mayor densidad en el fondo del canal y los de menor densidad y gran parte de la pulpa en la superficie. El agua utilizada generalmente no se recircula y el volumen específico es mayor que 20 L.kg⁻¹ de c.p.s. En el canal de correteo, en promedio se logra lavar y clasificar 1.500 kg.h⁻¹ de café, utilizando de 20 a 25 m³ de agua (28 a 35 mg.L⁻¹ de c.p.s.) con aguas residuales con carga de 3.940 mg.L⁻¹ de DQO.

Con motobomba sumergible. Se lava el café pasándolo de un tanque a otro, generalmente cuatro veces, utilizando una motobomba sumergible (Figura 33), con una relación café/agua de 2/3 en masa. El agua se recircula solamente en el tercer enjuague. Se estima un volumen específico de 9,0 mg.L⁻¹ de c.p.s. y carga contaminante de 12.692 L.kg⁻¹ de DQO por cada kilogramo de café pergamino seco. Como ventajas de esta tecnología de lavado se tiene la alta capacidad, se puede realizar la remoción de material flotante (Café de mala calidad), remoción de mucílago no desprendido durante el proceso de fermentación y posibilidad de transportar el café a los secadores utilizando la bomba sumergible. Como desventajas, el costo de la bomba, el relativo alto consumo específico de agua y el costo de la planta para el tratamiento de las aguas utilizadas.

Tecnología ECOMILL®

Esta tecnología fue desarrollada en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2011; Oliveros, 2012) para remover el mucílago degradado en proceso con fermentación natural y con empleo de enzimas pectinolíticas (Peñuela *et al.*, 2011), con bajo impacto ambiental. En la Figura 34 se presentan tres modelos desarrollados, con capacidad para 500, 1.500 y 3.000 kg.h⁻¹ de café lavado.

La tecnología ECOMILL® consta de:

- Un lavador con flujo de café en la dirección vertical ascendente y descarga radial de las mieles a través de las perforaciones de la canasta. El lavador se diseñó a partir de los equipos Deslim desarrollados en Cenicafé (Roa *et al.*, 1999), con modificaciones en el rotor para permitir un mayor flujo de café lavado y disminuir el daño mecánico causado a los granos, con óptimo aprovechamiento del agua y de la potencia empleadas. El caudal de agua requerido por el lavador se regula por medio de válvulas. El modelo ECOMILL® 500 cuenta con una entrada de agua en la parte superior del lavador. El modelo ECOMILL® 1.500 cuenta con dos entradas de agua, en la parte media y superior, y el ECOMILL® 3.000 dispone de tres entradas de agua, una en cada tercio del lavador.
- Un tanque de sección cilíndrica con descarga en forma de cono truncado invertido, con ángulo de 60° respecto a la horizontal y descarga con diámetro de 22cm, para permitir el flujo del café en punto de lavado por gravedad. El tanque se fabrica preferiblemente en

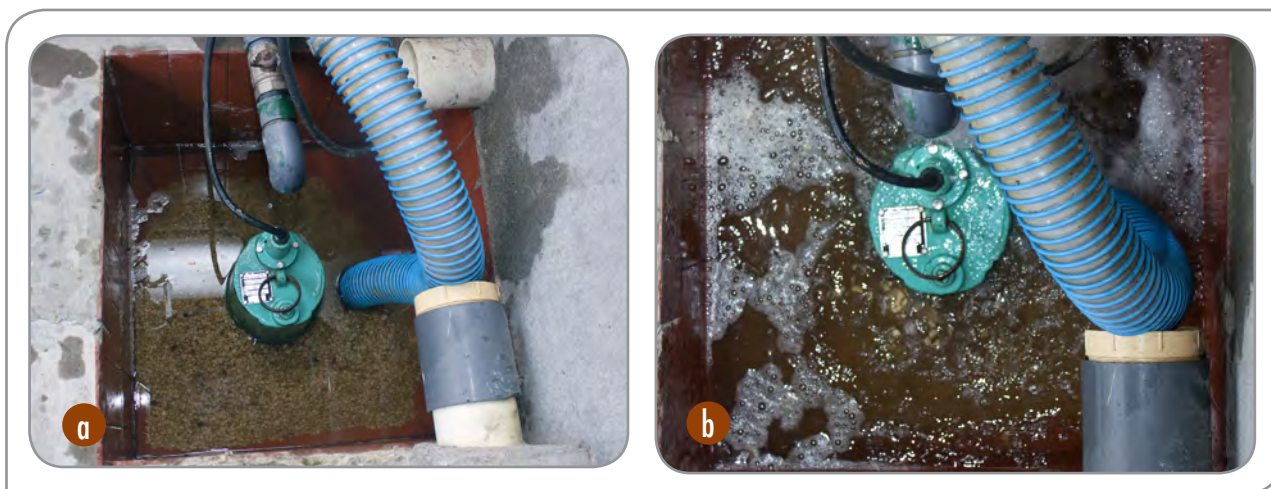


Figura 33.

Lavado de café utilizando bomba sumergible. **a.** Tipo de bomba empleada; **b.** Descarga del café lavado.



Figura 34.

Tecnología ECOMILL® desarrollada en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2011; Oliveros, 2012).

- a. ECOMILL® 500;
- b. ECOMILL® 1.500;
- c. ECOMILL® 3.000.

lámina de acero inoxidable calibre 18, referencia 430, o en otros materiales como plástico, para disminuir costos, sin afectar su resistencia mecánica.

- Un alimentador de café al lavador, constituido por un tornillo sinfín con carcasa desmontable, para permitir la limpieza al finalizar el lavado del café. En la descarga de café al lavador se colocó un ducto de igual diámetro que la carcasa en forma de T invertida, para disminuir los daños causados a los granos por el rotor del lavador.

La información sobre el desempeño de los equipos ECOMILL® se presenta en la Tabla 9.

La remoción del mucílago degradado presente en el café al inicio del lavado con los equipos es superior al 95%. Datos obtenidos por Tibaduiza (2011) indican que durante la fermentación se presenta drenaje de mucílago que varía entre 20% y 33% del contenido total, por lo que la remoción global con el lavador es superior al 99%.

El consumo específico de agua varía entre 0,34 y 0,50 L.kg⁻¹ de c.p.s., el cual como se observa en la Tabla 10, es notoriamente inferior al consumo que se obtiene con las otras tecnologías utilizadas en Colombia para retirar el mucílago. Debido a lo anterior la carga orgánica de las mieles producidas también aumenta, por lo cual se deben manejar o tratar para evitar la contaminación de las fuentes de agua.

Rendimiento (kg.h ⁻¹ de café lavado)	Remoción de mucílago (%)	Agua utilizada (L.kg ⁻¹ de c.p.s.)	Daño mecánico (%)	Potencia (W)
500	97,1	0,34	0,31	1.007,10
1.500	95,1	0,42	0,30	2.417,00
3.000	96,5	0,50	0,40	2.685,60

Tabla 9.

Desempeño de los equipos ECOMILL® 500, 1.500 y 3.000 en lavado del café en proceso con fermentación natural.

Tecnología	Consumo específico de agua (L.kg ⁻¹ de c.p.s.)	Contaminación (DQO - mg.L ⁻¹)
Canal de correteo	20,0	5.867
Bomba	9,0	12.692
Tanque Tina	4,2	25.946
BECOLSUB	1,0	82.474
ECOMILL®	0,3	152.866

Tabla 10.

Consumo específico de agua y DQO en las tecnologías utilizadas para el lavado del café en Colombia.

El daño mecánico causado a los granos de café con la tecnología ECOMILL®, varía entre 0,31% y 0,40%, y es inferior al observado con el Becolsub (Roa *et al.*, 1999).

Para el manejo de las mieles generadas con la tecnología ECOMILL® se pueden utilizar los secadores solares tipo túnel, de bajo costo y fácil construcción, en los que se pueden depositar 12 L de mieles por cada metro cuadrado de piso (Figura 35). En las condiciones ambientales de Chinchiná (Caldas), ésta se puede secar por efecto de las energías del sol (Directa y difusa) y del aire, hasta un contenido de humedad entre el 10% y 12%, en un período entre 5 y 9 días. En cada metro cuadrado (m²) de piso de secador se pueden depositar 12 L de mieles, la cual puede secarse hasta contenido de humedad del 10% al 12%, en 5 a 9 días. Para

agilizar el proceso de secado, deben revolverse diariamente las mieles, mínimo cuatro veces.

Como ejemplo de aplicación de esta alternativa se consideró una finca con producción anual de 20.000 kg de c.p.s. (1.600 @.año⁻¹ de c.p.s.) que dispone de un equipo ECOMILL® 500. En el día pico, asumiéndolo igual al 2% de la producción anual, se obtendrían aproximadamente 800 kg de café, generando 457 L de mieles (Mucilago y agua adicionada durante el lavado). Para el secado de estas mieles se necesitan 38 m² de área de secador. Asumiendo una semana con 4 días de igual flujo de café, se necesitarían 153 m², que tendrían un costo de \$ 3.000.000. Utilizando esta alternativa se lograría controlar el 100% de la contaminación generada con ECOMILL®.



Figura 35.

Secadores solar tipo túnel utilizado para secar mieles producidas con la tecnología ECOMILL®. **a.** Vista exterior; **b.** Interior.



Figura 36.

Miel de café obtenidas con ECOMILL®. **a.** Secas ; **b.** Molidas.

Característica	Valor
Humedad, %	6,6
pH	4,9
Densidad real, g.ml ⁻¹	0,65
Conductividad eléctrica, mS.cm ⁻¹	6,68
Cenizas, %	8,7
Pérdidas por volatilización, %	91,3
Retención de agua, %	186,8
N.total, %	2,55
C.O.ox, %	33,1
P, %	0,29
K, %	4,52
Ca, %	1,02
Mg, %	0,33
Fe, mg.kg ⁻¹	971
Mn, mg.kg ⁻¹	89
Zn, mg.kg ⁻¹	142
Cu, mg.kg ⁻¹	46

Tabla 11.

Caracterización química de mucílago seco del café.

Por cada tonelada de café en cereza procesado con la tecnología ECOMILL® se obtienen aproximadamente 225 L de mieles, que al secarlas como las que se observan en la Figura 36, dentro del rango entre el 10% y 12%, pesan aproximadamente 25 kg. En la Tabla 11 se presenta información de la composición química del mucílago de café con 6,6% de humedad. Por su aporte de nutrientes, este material puede ser utilizado como complemento en la fertilización orgánica.

Otra alternativa para el manejo de la mieles generadas con ECOMILL® es mezclarlas con la pulpa, tal como es recomendado con la tecnología Becolsub. Las mieles obtenidas con ECOMILL® deben almacenarse en un tanque y aplicarlas a la pulpa fresca obtenida el día siguiente, utilizando una bomba de rotor abierto de baja potencia

(<¼ hp). En observaciones realizadas en Cenicafé aplicando a la pulpa mieles obtenidas con ECOMILL®, con volumen específico de agua de 0,3 L.kg⁻¹ de c.p.s., se ha observado retención de 90% y control de la contaminación del 100% (Tibaduiza, 2011), aplicando a la pulpa seca el bajo volumen de lixiviados producidos.

A partir de los valores de potencia presentados en la Tabla 12, se calculó el consumo de energía eléctrica (kW.h⁻¹) y los costos correspondientes para la obtención de una tonelada de café seco, con los equipos ECOMILL® y la tecnología Becolsub, que se presentan en la Tabla 12. Se observa notoria reducción en el costo con la tecnología ECOMILL®. Con el equipo ECOMILL® 3.000 se aprovecha más eficientemente la energía entregada por el motor para lavar café y se obtiene el menor costo de energía eléctrica.

Clasificación del café

Anteriormente se describieron algunos equipos que son usados simultáneamente para el lavado y clasificación. En este capítulo se describirán los equipos que se usan exclusivamente para la clasificación del café lavado.

Canal semisumergido. El café previamente lavado se transporta por medio de una bomba sumergible hasta un canal de 0,2 m de ancho con longitud de 2 y 3 m, con ranuras en el fondo, separadas 50 cm. El principio de funcionamiento es similar al del canal de correteo. Los granos de mayor densidad, generalmente de mejor calidad, que se sedimentan en los primeros tramos del canal, son arrastrados por el flujo de agua y separados a través de las aberturas en el fondo del canal. Los granos de menor densidad y gran parte de la pulpa son arrastrados por las corrientes de agua en la superficie del canal. Con las motobombas sumergibles utilizadas se logra procesar hasta 7.000 kg.h⁻¹ de c.p.s. con volumen específico de agua de 6,4 L.kg⁻¹ de c.p.s., sin recircular, y aguas residuales, con carga de 17.505 L.kg⁻¹ de DQO (15). La Figura 37 muestra algunos detalles de una canal semisumergido comercial.

Equipo	Capacidad (kg.h ⁻¹ de café lavado)	Potencia (W)	Consumo Energía (kWh.t ⁻¹ de c.p.s.)
ECOMILL® 500	500	1.007,1	3,82
ECOMILL® 1.500	1.500	2.417,0	3,06
ECOMILL® 3.000	3.000	2.685,6	1,70
Becolsub 300	123	1.342,8	20,72
Becolsub 600	246	2.238,0	17,26
Becolsub 1.000	410	3.580,8	16,57
Becolsub 2.500	1.025	4.936,8	9,14

Tabla 12.

Consumo de energía eléctrica (kW.h/t c.p.s.) en la remoción del mucílago con fermentación natural y lavado con ECOMILL® y mecánicamente con Becolsub, de acuerdo a la capacidad y potencia de los equipos.



Figura 37.

Canal semisumergido. **a.** Vista general; **b.** Vista interna.

Hidrociclón. Una vez lavado el café, se requiere retirar granos de inferior calidad (Vanos, brocados, entre otros) e impurezas, principalmente pulpa, antes de iniciar el proceso de secado. El hidrociclón es un recipiente de sección circular con fondo cónico, al cual llega café transportado con agua, utilizando una bomba sumergible (Figura 38). La masa transportada es sometida en el interior del tanque a fuerzas que causan que los granos de mejor calidad sean descargados en la parte inferior mientras que los materiales de menor densidad (Pulpa y granos, principalmente) son levantados y descargados en la parte superior. En investigación realizada en Cenicafé (Aristizábal *et al.*, 1997) se observó en promedio separación de 71,6% de las impurezas y 24,8% de granos brocados, con consumo específico de agua de $1,9 \text{ L.kg}^{-1}$ de c.p.s., con recirculación y capacidad de 1.640 kg.h^{-1} de café lavado. Detalles para la construcción, instalación y operación de hidrociclones para diferentes capacidades de procesamiento son presentados en el Avance Técnico de Cenicafé No. 241.

Beneficio de café y las Buenas Prácticas de Manufactura

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción (Ministerio de Salud y Protección Social, 1997). Si bien el café no es un alimento, el proceso de beneficio de café se considera regido por el decreto 3075 de 1997, por ser el proceso para obtener un producto para el consumo humano. Las BPM son normas dirigidas



Figura 38.

Hidrociclón para la clasificación de café lavado.

a sectores específicos relacionados todos con productos que puedan incidir directamente sobre la salud de las personas, existiendo así las BPM farmacéuticas, las de alimentos, las de cosméticos, las de productos naturales, las de insumos médico quirúrgicos, entre otros.

Al seguir Buenas Prácticas de Manufactura en el proceso de beneficio de café se garantiza además de un producto para consumo humano higiénico y de buena calidad, reducciones en el consumo de agua, en la energía eléctrica y en el impacto ambiental. Para tal fin debe considerarse el proceso a utilizar, la infraestructura donde se lleva a cabo el proceso, las máquinas y equipos en los que se lleva a

cabo el proceso, y la calidad y estado de la materia prima a transformar.

Proceso. Las principales etapas del proceso de beneficio húmedo son recibo, clasificación por densidad del café en cereza, despulpado, clasificación por tamaño del café despulpado, remoción de mucílago, lavado, clasificación por densidad del café lavado y, por último, secado. La Figura 39 muestra un diagrama de flujo de un proceso de beneficio por vía húmeda, en el cual se utilizan tres clasificaciones para obtener un café de excelente calidad.

Así mismo, en el proceso de beneficio húmedo debe considerarse el proceso del café rechazado en cada una de las clasificaciones. Se debe tener en cuenta que este café no es de buena calidad y por tal razón debe mantenerse al margen del proceso principal. Por otro lado, los subproductos pulpa y mucílago deben ser manejados de manera que ocasionen la menor contaminación posible, de acuerdo a las recomendaciones mostradas con anterioridad en este manual.

El personal que haga uso de los equipos para procesamiento de café debe estar capacitado y contar con las competencias necesarias para desarrollar la puesta en marcha de los equipos, limpieza, mantenimiento preventivo, calibración, verificación y operación.

Infraestructura. Para asegurar que el producto que se está obteniendo cumple con los estándares de higiene y

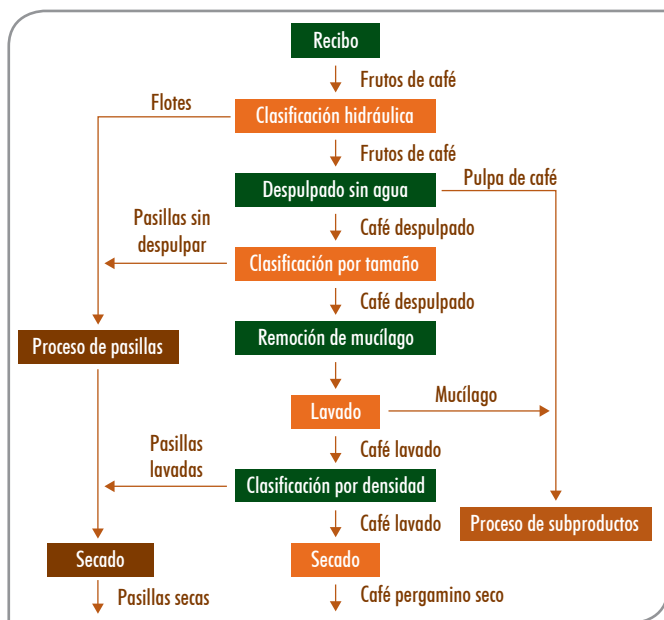


Figura 39.

Diagrama de flujo del proceso de beneficio de café por vía húmeda con tres clasificaciones.

calidad, se recomienda seguir algunos lineamientos en la construcción que alberga las máquinas y equipos:

El diseño del beneficiadero debe estar acorde con la producción que se espera procesar (Puerta, 2006); si el sistema está sobredimensionado se pierde dinero en una inversión inicial mayor a la requerida; si está subdimensionado, se incurriría en prácticas inapropiadas para suplir las necesidades de procesamiento de café. En el diseño se deben tener en cuenta aspectos como la ventilación, iluminación, accesos adecuados a las labores que se desarrollan en él, drenajes, seguridad para los operarios, seguridad para evitar hurtos, señalización, puntos de suministro de agua limpia, tomas eléctricos adecuados a los requerimientos, distribución adecuada para realizar el proceso de manera eficiente y evitar contaminaciones cruzadas.

Antes de la época de cosecha se recomienda adelantar una verificación, limpieza y mantenimiento a la infraestructura, realizando las actividades listadas a continuación, al menos cada 6 meses:

- Verificar que todas las áreas del beneficiadero se encuentren libres de suciedad con protecciones para lluvia, polvo, animales, plagas y sustancias contaminantes.
- Verificar la disponibilidad correcta de acometidas de agua y energía, que no existan fugas de agua y las conexiones eléctricas estén correctamente aisladas y protegidas de los sistemas de transmisión mecánicos y tránsito de personas.
- Verificar que los desagües y tuberías de transporte de café se encuentren limpios y sin obstrucciones.
- Verificar la disponibilidad correcta del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales; éste deberá recibir las aguas generadas en el proceso de beneficio húmedo con remoción de mucílago por fermentación natural en tanques.
- Verificar la disponibilidad de fosas para la descomposición de la pulpa.
- Verificar que las instalaciones se encuentren sin residuos de café, mucílago y pulpa de anteriores procesos y en condiciones aceptables.
- En caso que se encuentren defectos como perforaciones, fisuras o hendiduras que favorezcan la proliferación de hongos sobre el café a procesar se recomienda realizar acciones correctivas para mejorar las condiciones de infraestructura.

Máquinas y equipos. Antes y durante de la época de cosecha es necesario realizar una verificación y mantenimiento de las máquinas y equipos. Cada una de las máquinas tienen sistemas de suministro de energía mecánica, ya sea por sistemas de transmisión mecánico o motores eléctricos directos, los cuales deben tener el sistema de protección

eléctrico, conforme a las especificaciones que el fabricante muestre en la placa de cada equipo.

Acciones de mantenimiento, calibración y verificación deben realizarse de forma periódica sobre las máquinas y equipos. Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de forma semestral, antes de la época de cosecha, así como las actividades de calibración y verificación de forma semanal, durante la época de cosecha.

Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín.

Por medio de este equipo se realiza una primera selección del café que llega a la finca, con esta máquina se separan frutos de café de inferior calidad o impurezas livianas por medio de una tolva de precipitación y un tornillo sinfín que se encarga de transportar el café de buena calidad a la siguiente máquina (la despulpadora). Para verificar el funcionamiento de este equipo en diferentes capacidades es necesario referenciar el Avance Técnico de Cenicafe No. 360 (Oliveros *et al.*, 2007).

Despulpadora. Esta máquina se encarga de desprender la pulpa de las semillas de café con mucílago adherido. Para el correcto mantenimiento, calibración, verificación y uso de esta máquina se deben referenciar los Avances Técnicos de Cenicafe No. 164 y 294 (Álvarez, 1991; Oliveros *et al.*, 2001). Para el procesamiento de café comercial las revoluciones del cilindro horizontal de la despulpadora no deben superar las 180 r.min⁻¹. Verifique que los sistemas de transmisión estén en correcto funcionamiento, esto garantiza un correcto flujo de café en la despulpadora.

Es necesario determinar el rendimiento de la despulpadora, midiendo, en funcionamiento continuo, la cantidad de café cereza despulpado entregado por unidad de tiempo y compararlo con el que debería entregar según información del fabricante.

Zaranda. Esta máquina realiza una clasificación del material despulpado y puede seleccionar frutos que no fueron despulpados, pulpa, granos media cara e impurezas, este material debe ser depositado en un recipiente independiente del café que fue seleccionado como de buena calidad. En esta máquina se debe verificar continuamente el tipo de material que clasifica como de mala calidad y el tipo de material que clasifica de buena calidad, con el fin de ajustar la velocidad de giro y las dimensiones de las aberturas, si es necesario.

Desmucilagador mecánico – Deslim. En esta máquina ingresa el café clasificado por la zaranda como de buena calidad. Está conformado por un rotor que gira a 870 r.min⁻¹, un conjunto de agitadores que se encargan de generar esfuerzos cortantes sobre los granos de café despulpados. Las demás piezas de esta máquina deben encontrarse en buenas condiciones, para esto se recomienda referenciar el Avance Técnico de Cenicafe No. 238 (Roa *et al.*, 1997).

En esta máquina se debe garantizar el caudal de agua que se presenta en la Tabla 13, conforme se muestra en el Avance Técnico de Cenicafe No. 405 (Sanz *et al.*, 2011), para cada modelo. El flujo de agua debe ingresar al desmucilagador una vez la masa de café ocupe la mitad del mismo.

Limpieza de las máquinas. Todas las máquinas deben permanecer limpias antes, durante y después de la cosecha. Una vez utilizadas, cada una de las máquinas debe ser limpiada como se explica al final de la descripción del proceso.

Todas las máquinas deben contar con la respectiva protección mecánica y eléctrica.

Materia prima. Antes de realizar el proceso de beneficio, es necesario considerar la variedad y procedencia del lote de café a procesar, registrarlo para posteriores manejos administrativos y con fines de trazabilidad.

Café en cereza. Realizar una caracterización de la masa de café cosechado que llega al beneficiadero. Se procede a tomar una muestra compuesta de 1 kg de café cereza, se separan los frutos por estados de maduración y, posteriormente, se pesan los frutos en cada estado. Con esto se podría generar una acción correctiva o preventiva en el campo, si exceden los límites permitidos.

Café en cereza clasificado. Materia prima que se clasifica por densidad en el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín; el café de buena calidad se precipita y luego es depositado en la despulpadora, la materia prima de inferior calidad, presente en la superficie de la tolva, debe ser procesada de forma independiente como café pasilla o de mala calidad, se puede realizar un proceso aparte con tanques de

Capacidad Becolsub (kg.h ⁻¹ de café en cereza)	Caudal de agua (L.min ⁻¹)	
	Límite inferior	Límite superior
300	0,70	1,00
600	1,40	2,00
1.200	2,80	4,00
2.500	5,83	8,33

Tabla 13.

Flujos de agua recomendados en los desmucilagadores mecánicos Deslim.

Tabla 14.

Rangos establecidos para la evaluación de muestras de café despulpado.

Característica	Porcentaje
Pulpa en el café despulpado	<2,0%
Granos sin despulpar	<1,0%
Granos mordidos	<0,5%
Granos trillados	<0,5%

fermentación o tener un montaje de maquinaria similar sólo para este tipo de materia prima.

Café despulpado. Café al cual se le ha retirado la pulpa. En esta parte del proceso se debe, al menos, cada 8 días realizar un muestreo de los frutos despulpados con el fin de determinar si existe algún problema en este proceso. Para esta medición se deben tomar 300 g de café despulpado y determinar en esta muestra el porcentaje de café trillado, mordido, frutos sin despulpar y pulpa en la muestra; además, se debe tomar una muestra de 1 kg de pulpa y determinar el porcentaje de granos sanos que se encuentran en este material. En ambos casos, se deben verificar los rangos establecidos en la Norma ICONTEC 2090 (Tabla 14), y tomar las acciones correctivas necesarias.

Café despulpado clasificado. Esta es la materia prima que separa la zaranda, como frutos que no fueron despulpados, gran parte de la pulpa, granos media cara e impurezas; el manejo de este material es similar al del café cereza clasificado.

Café lavado. Café sin mucílago. Puede ser el café que se obtiene luego de aplicar los cuatro enjuagues o procesado con el desmucilagador Deslim, listo para ser llevado al secado. Se recomienda iniciar el proceso de secado lo más rápido posible, en caso de que la infraestructura no lo permita y el café lavado sea resultado del desmucilagado mecánico, éste debe ser llevado a un tanque de espera sin agua, por un tiempo máximo de 14 horas y luego realizar un enjuague antes de ser llevado al secado. Se referencia el Avance Técnico de Cenicafé No. 388 para este procedimiento.

Con relación a la materia prima procesada, es necesario llevar un historial de la cantidad de café procesado con los equipos de beneficio, llevando el registro en la bitácora de mantenimiento las horas de uso de los mismos.

Proceso - beneficio de café con desmucilagado mecánico

1. Recibo de los frutos de café cosechados
2. Caracterización de la masa de café cosechado

3. Depósito de la masa de café cosechada en la tolva de recibo.
4. El proceso a partir de este punto es ejecutado totalmente por el conjunto de máquinas ensambladas, sin embargo, el operario debe supervisar esta labor, verificando el correcto funcionamiento de las máquinas en cada fase del proceso listado a continuación:
 - a. Clasificación de los frutos de café en el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín
 - b. Separación del material que flota en la superficie de la tolva del separador hidráulico. Esto lo puede realizar el sistema automáticamente, sin embargo, en caso de ser necesario el operario debe realizar esta labor con un recipiente perforado
 - c. Despulpado de café sin agua
 - d. Clasificación mediante zaranda del material despulpado
 - e. Ingreso del café despulpado de buena calidad al desmucilagador y limpiador
5. Secado del café lavado, lo más rápido posible

Proceso - beneficio de café con tanques de fermentación

1. Verificación de que las rejillas (Compuertas - tapones) de drenaje del tanque de fermentación, se encuentren abiertas antes de iniciar el proceso de despulpado
2. Recibo de los frutos de café cosechados
3. Caracterización de la masa de café
4. Depósito de la masa de café cosechada en la tolva de recibo
5. Clasificación de los frutos de café en el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín
6. Separación del material que flota en la superficie de la tolva del separador hidráulico. Esto lo puede realizar el sistema automáticamente, sin embargo, en caso de ser necesario el operario debe realizar esta labor con un recipiente perforado
7. Despulpado de café sin agua
8. Clasificación mediante zaranda del material despulpado
9. Depósito del café despulpado en tanques de fermentación, controlando la degradación del mucílago y el punto de lavado con la metodología propuesta por Peñuela *et al.* (2010), Peñuela y Pabón (2011) y Peñuela *et al.* (2012)
10. Cerramiento de las compuertas (Tapones) de drenaje al finalizar el proceso de despulpado
11. Lavado del café según el método de los cuatro enjuagues (Zambrano, 1994). El agua que se utiliza

en este proceso debe ser llevada a un sistema de tratamiento de aguas residuales.

12. Secado del café lavado, lo más rápido posible

Proceso - beneficio de café con la tecnología ECOMILL®

1. Recibo de los frutos de café cosechados
2. Caracterización de la masa de café cosechado
3. Depósito de la masa de café cosechada en la tolva de recibo
4. El proceso a partir de este punto es ejecutado totalmente por el conjunto de máquinas ensambladas, sin embargo, el operario debe supervisar esta labor, verificando el correcto funcionamiento de las máquinas en cada fase del proceso listado a continuación:
 - a. Clasificación de los frutos de café en el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín
 - b. Separación del material que flota en la superficie de la tolva del separador hidráulico. Esto lo puede realizar el sistema automáticamente, sin embargo, en caso de ser necesario el operario debe realizar esta labor con un recipiente perforado
 - c. Despulpado de café sin agua
 - d. Clasificación mediante zaranda del material despulpado
 - e. Depósito del café despulpado en tanques de fermentación, con el control de la degradación del mucílago y el punto de lavado con la metodología propuesta por Peñuela *et al.* (2010), Peñuela y Pabón (2011) y Peñuela *et al.* (2012)
 - f. Apertura de las compuertas (tapones) del tanque para descargar las mieles que drenan durante el proceso de fermentación
 - g. Lavado del café con ECOMILL®, verificando que el caudal de agua suministrado sea el requerido en cada modelo
 - h. Secado del café procesado, lo más rápido posible

Actividades posteriores al proceso de beneficio de café por cualquiera de los métodos descritos

1. Verificar que todas las máquinas se encuentren apagadas
2. Realizar un barrido sobre las máquinas, retirando los granos y pulpa adherida
3. Lavar los equipos utilizados para el proceso, teniendo en cuenta el uso eficiente del agua para tal fin
4. Verificar que no existan residuos de café en las máquinas utilizadas en el proceso de beneficio

5. El agua utilizada en el proceso de lavado debe ser conducida al sistema de tratamiento de aguas residuales
6. Verificar que todas las llaves de agua se encuentren debidamente cerradas
7. Verificar que todos los equipos se encuentren desconectados de la corriente eléctrica

Beneficiaderos comunitarios de café y centrales de beneficio. En los últimos años, en Colombia se ha venido incrementando la comercialización del café en diferentes estados, como café en cereza y, principalmente, café húmedo o lavado, para ser beneficiado total o parcialmente, en grandes beneficiaderos, en centrales de beneficio o en centrales de secado. En estos casos se utilizan las mismas tecnologías tradicionales de beneficio, con las mismas deficiencias observadas en los beneficiaderos de las grandes fincas, con el agravante de la pérdida de calidad y de peso seco del café húmedo por las demoras excesivas (hasta de una semana) a las que está sometido, antes de iniciarse el proceso del secado. Por tal motivo, es necesario proponer alternativas tecnológicas en el beneficio del café para mantener la calidad, disminuir los costos de beneficio, disminuir el consumo de agua y evitar su contaminación.

En la Disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé se han desarrollado tecnologías para hacer sostenible la actividad cafetera a través de maquinaria eficiente, eficaz y ecológica para el beneficio de café, la cual aplica para grandes y pequeños beneficiaderos.

Dentro de las ventajas que tienen las centrales de beneficio y beneficiaderos comunitarios se destaca que los caficultores deben preocuparse solamente por producir café en cereza de primera calidad, pues no tendrían que utilizar recursos adicionales como tiempo e infraestructura, entre otros, para realizar este tipo de labor; se tiene mayor control sobre todas las etapas del proceso, lo que resulta en una mejor consistencia del producto; se tiene mayor control sobre el impacto ambiental, ya que existen alternativas para el manejo ecológico de grandes volúmenes de subproductos, con la potencialidad que además puedan generar valor agregado; y mejor aprovechamiento de la economía de escala, debido a los menores costos fijos y variables que genera la adquisición y manejo de equipos de gran capacidad.

A pesar de las ventajas que traen consigo las centrales de beneficio y beneficiaderos comunitarios, también existen algunas desventajas que pueden ser determinantes en el éxito o fracaso de cualquier proyecto. Las más importantes son la mayor carga y volumen a transportar que cuando se vende café mojado o seco, y que no se dispone de mucho tiempo para transportar el café en cereza hasta las instalaciones de beneficio de café, dado que un retraso en el inicio del proceso tiene efecto directo y negativo sobre la calidad final del producto.

En particular, para resolver la mayoría de las deficiencias anotadas en los grandes beneficiaderos se construyó y puso en funcionamiento, en el año de 1996, con la colaboración del Comité de Cafeteros de Caldas y de la Cooperativa de Caficultores de Anserma, la Central de Beneficio Ecológico, ubicada en dicho municipio (Roa et al., 1999). La Figura 40 muestra algunos detalles externos de la construcción.

- Control del 92% de la contaminación de las aguas
- Introducción del canal semisumergido para la clasificación y limpieza del café en cereza, con recirculación del agua
- Introducción de un sistema rápido para determinar con exactitud la relación café cereza por café pergamino seco, con el fin de que los caficultores obtengan el precio justo por su producto

Los logros de dicha construcción fueron los siguientes:

- Eliminación del agua en el despulpado y en el transporte de la pulpa y del café despulpado
- Introducción de dos desmucilaginosos mecánicos Deslim 2.500, alimentados cada uno por dos despulpadoras de eje horizontal
- Introducción en gran escala de la mezcla del mucílago concentrado y la pulpa en tornillo sinfín
- Introducción del secador intermitente de flujos concurrentes, IFC, que seca el café con completa uniformidad, con mayor eficiencia térmica, mayor control de la operación y mínimos tiempos de carga y descarga
- Carácter completamente modular, que permite aumentar la capacidad de beneficio, sin incurrir en modificaciones onerosas
- Reducción del espacio físico hasta la tercera parte de los beneficiaderos tradicionales, reduciéndose el consumo del agua desde 40,0 L a menos de 1,0 L de agua por kilogramo de café pergamino seco

Esta Central ha sufrido algunas modificaciones y actualizaciones en la tecnología del proceso de beneficio húmedo y secado mecánico del café, y opera en condiciones normales cumpliendo con las normas vigentes de calidad y de manejo del medio ambiente, atendiendo la demanda de los caficultores de la región.

Con la misma filosofía de la Central de Beneficio de Anserma, actualmente se está construyendo la primera central de beneficio con la tecnología ECOMILL® en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda. La central está diseñada inicialmente para procesar la mitad del café que producen 97 familias cafeteras, que hacen parte de la Asociación de Cafeteros de la Cuchilla del San Juan, de ese municipio, quienes en total poseen un área sembrada de 500 ha. Con esta central se espera reducir la contaminación del agua, pagar el precio justo a los asociados, proporcionar una calidad consistente de café al tener un control adecuado de las operaciones que hacen parte del proceso y un modelo a replicar por el resto de la caficultura colombiana.



Figura 40.

Central de Beneficio Ecológico de Café en Anserma (Caldas).

Recomendaciones prácticas

- Utilice sistemas de transporte hacia el beneficiadero con bajos o nulos consumos de agua.
- Clasifique el café en cereza por densidad, antes de empezar el procesamiento. Use preferiblemente el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), porque además de remover los frutos menos densos, remueve las impurezas livianas y pesadas y permite dosificar el café que llega al desmucilagador, en las fincas que utilizan la tecnología Becolsub.
- En caso de no tener SHTTS utilice recirculación de agua para reducir el consumo de ésta.
- Despulte el café sin agua.
- Transporte el café de una etapa a otra, dentro del beneficiadero, en lo posible sin agua o utilizando recirculación de agua.
- Transporte la pulpa de café a los lugares de depósito sin utilizar agua.
- Utilice zaranda para la clasificación del café despulpado. Con esta práctica se remueven del proceso principal los frutos verdes, los frutos secos y trozos de pulpa.
- Cuando se usa la fermentación natural para la degradación del mucílago, se recomienda realizar el lavado una vez se alcance una degradación superior al 95%. Este punto puede determinarse de manera exacta y confiable con el sistema del recipiente perforado en forma de cono truncado.
- Cuando no se disponga de otra opción con menor consumo específico de agua, se recomienda lavar el café en los tanques de fermentación, preferiblemente con las aristas redondeadas (tanques tina), con cuatro enjuagues.
- Las enzimas pectinolíticas pueden ser usadas para acelerar el proceso de degradación de mucílago en un tiempo de 3 horas, sin afectar la calidad del café.
- Se recomienda usar la tecnología ECOMILL® con el fin de obtener un control del 100% de la contaminación, con aprovechamiento eficiente del agua y de la energía utilizada.
- Se recomienda, en donde sea posible, el uso de centrales de beneficio de café para obtener las ventajas económicas y ecológicas de este sistema de procesamiento.
- En el caso de disponer de desmucilagador mecánico se recomienda tener siempre calibrados los flujos de agua y café para obtener las ventajas ecológicas de la tecnología Becolsub, las cuales son reducción del consumo específico de agua a menos de 1,0 L por cada kilogramo de café pergamino seco producido y el control de más del 90% de la contaminación de las aguas.

Literatura citada

- ÁLVAREZ G., J. *Despulpado del café sin agua*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1991. 6 p. (Avances Técnicos No. 164)
- ÁLVAREZ G., J. *Informe anual de actividades*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 14 p.
- MARÍN L., S.M.; ARCILA P., J.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. *Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (Coffea arabica L. var. Colombia)*. *Cenicafé* 54(3):208-225. 2003.
- MÁRQUEZ G., S.M. *Evaluación y optimización de la operación del tanque sifón para el clasificado del café cereza*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de agronomía, 1987. 117 p. Tesis: Ingeniero agrícola.
- MEJÍA G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MORENO C., E.L.; RODRÍGUEZ H., L.A. *Evaluación del desempeño técnico y ambiental de un desmucilagador de café con rotor de varillas*. *Cenicafé* 58(2):122-133. 2007.
- MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *Decreto 3075 de 1997*. Bogotá : El Ministerio, 1997. 32 p.
- MONTILLA P., J. *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café*. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de ciencias agropecuarias, 2006. 107 p. Tesis: Ingeniera agrónoma.
- NARVÁEZ M., L.H. *Manejo de las mieles generadas en la tecnología Becolsub para la disminución del impacto ambiental generado por los lixiviados*. Pasto : Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas, 2000. 104 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- OLIVEROS T., C.E. *Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con tecnología Deslim, en proceso con fermentación natural*. p. 2-21. En: CENICAFÉ. *Informe anual de actividades 2012*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 34 p.
- OLIVEROS T., C.E.; GUNASEKARAN, S. *Predicción teórica del consumo de potencia y de la tasa promedia cortante aplicada en el desmucilagador mecánico de café*. *Cenicafé* 46(2):112-122. 1995.
- OLIVEROS T., C.E.; PABÓN U., J.P. *Separación de frutos de café verdes por medios mecánicos*. *Cenicafé* 61(3):262-271. 2010.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MONTOYA R., E.C.; MORENO C., E.L. *Dispositivo hidráulico de bajo impacto ambiental para la limpieza y clasificación del café en cereza*. *Cenicafé* 60(3):229-238. 2009.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MONTOYA R., E.C.; MORENO C., E.L. *Equipo para el lavado ecológico del café con mucílago degradado con fermentación natural*. *Revista de ingeniería Universidad de los Andes* 33(1):61-67. 2011.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R.; ROA M., G.; ÁLVAREZ G., J. *Desmucilagadores mecánicos de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 217).
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ G., J.; ÁLVAREZ H., J.R. *El Becolsub 300*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1998. 8 p. (Avances Técnicos No. 253).
- OLIVEROS T., C.E. ÁLVAREZ G., J.; ÁLVAREZ M., F.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R. *El Becolsub 100: Beneficio ecológico para pequeños caficultores*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 4 p. (Avances Técnicos No. 261).
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. *Secador solar de túnel para café pergamino*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 353).
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. *Secador parabólico mejorado*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 8 p. (Avances Técnicos No. 376).
- PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E. *Efecto de dos prácticas empleadas con café desmucilagador mecánicamente en la calidad y el impacto ambiental*. *Cenicafé* 59(3):214-226. 2008.
- PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E. *Manejo del café desmucilagador mecánicamente*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 388).
- PARRA R., H.; ÁLVAREZ M., F.; ROA M., G. *Transporte de café cereza por cable aéreo de gravedad*. *Revista facultad nacional de agronomía Medellín* 42(2):31-57. 1989.
- PATIÑO T., A. *Evaluación de cafeductos*. Chinchiná : Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia : CENICAFÉ, 1990. 64 p.
- PATIÑO V., F. *Diseño y construcción de un transportador mecánico de café cereza por cable aéreo*. Cali : Universidad del Valle, 1992. 326 p. Tesis: Ingeniero mecánico.

- PEÑUELA M., A.E. Estudio de la remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. Manizales : Universidad de Manizales, 2010. 82 p. Tesis: Maestra en desarrollo sostenible y medio ambiente.
- PEÑUELA M., A.E.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. *Cenicafé* 61(2):159-173. 2010.
- PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R. Evaluación de métodos para identificar el punto de lavado del café en fermentación natural: Investigación participativa informe de resultados. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 17 p.
- PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P. Evaluación de una metodología para identificar el punto final de la fermentación del mucílago de café: Investigación participativa informe de resultados. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 11 p.
- PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; OLIVEROS T., C.E. Enzimas: Una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucílago de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 8 p. (Avances Técnicos No. 406).
- PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; RODRÍGUEZ V., N.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café. *Cenicafé* 61(3):241-250. 2010.
- PEÑUELA M., A.E.; SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E. Método e implemento para determinar la finalización de procesos críticos que incluyan disminución de densidad aparente: Solicitud de patente de invención No. 12-012992. [Patente]. Chinchiná (Caldas) : Superintendencia de industria y comercio, 2012.
- PUERTA Q., G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Cenicafé* 51(2):136-150. 2000.
- PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 12 p. (Avances Técnicos No. 349).
- RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Construya el secador solar parabólico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 305).
- RAMÍREZ G., C.A. Disminución del impacto ambiental en la tecnología Becolsub mediante la evaporación de lixiviados: Informe anual de actividades Octubre 2009 – Septiembre 2010. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 7 p.
- RAMÍREZ G., C.A. Evaluación de la deshidratación de las mieles resultantes del lavado del café con ECOMILL®: Informe anual de actividades Octubre 2011 – Septiembre 2012. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 24 p.
- RAMOS G., P.J. Diseño construcción y evaluación de un sistema de identificación de estados de madurez a altas velocidades. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2008. 159 p.
- REST, D.J. VAN. Sorting coffee cherries. *World crops* 22(2):82-87. 1970.
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ H., J.R.; DÁVILA A., M.T.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 273 p.
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R. Desarrollo de la tecnología Becolsub para el beneficio ecológico del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1997. 6 p. (Avances Técnicos No. 238).
- RODRÍGUEZ V., N. Obtención de pectinas a partir de la pulpa del café: Informe anual de actividades 1999. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 90 p.
- RODRÍGUEZ V., N. Utilización de la pulpa de café para el cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus*: Informe anual de actividades 1992-1993. Chinchiná : CENICAFÉ, 1993. 15 p.
- RODRÍGUEZ V., N. Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. 508 p. Tesis: Doctor en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- SALAZAR G., M.R.; CHAVES C., B.; RIAÑO H., N.M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* var. Colombia. *Cenicafé* 45(2):41-50. 1994.
- SANZ U., J.R. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sinfín. Chinchiná : CENICAFÉ, 1996. 8 p. (Avances Técnicos No. 226).
- SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; LONDOÑO G., M.T. Sistema de malacate y vagón para transporte de café en cereza en condiciones de alta pendiente. *Cenicafé* 62(2). 2011.
- SANZ U., J.R., OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; LÓPEZ P., U.; VELÁSQUEZ H., J. Controle los flujos de café y agua en el módulo Becolsub. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 8 p. (Avances Técnicos No. 405).

- SANZ U., J.R.; RAMOS G., P.J.; OLIVEROS T., C.E. Algorithm to identify maturation stages of coffee fruits. San Francisco : IEEE computer society, 2008. p 8.
- TIBADUIZA, V. C.A. Evaluación de alternativas para el de manejo de mieles del proceso de beneficio de café con el equipo ECOLAV. p. 4-8. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2011. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 18 p.
- URIBE H., A.; SALAZAR A., J.N. La pulpa del café es un excelente abono. Chinchiná : CENICAFÉ, 1983. 6 p. (Avances Técnicos No. 111).
- ZAMBRANO F., D.A. Lavado del café en los tanques de fermentación. Cenicafé 45(3):106-118. 1994.
- ZAMBRANO F., D.A.; ISAZA H., J.D. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicafé 49(4):279-289. 1998.
- ZAMBRANO F., D.A., ISAZA H., J.D., RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 26 p. (Boletín Técnico No. 20).
- ZULUAGA V., J.; ZAMBRANO F., D. Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. Chinchiná : CENICAFÉ, 1993. 4 p. (Avances Técnicos No. 187).

Secado solar y secado mecánico del café

Carlos Eugenio Oliveros Tascón; Cesar Augusto Ramírez Gómez;
Juan Rodrigo Sanz Uribe; Aída Esther Peñuela Martínez;
Jenny Pabón Usaquén

El alto contenido de humedad del café después del lavado, 52,7% a 53,5% (Puerta, 2005), su composición química y las condiciones del clima en las regiones cafeteras colombianas son favorables para el desarrollo de microorganismos, principalmente mohos y levaduras, que pueden afectar su calidad e inocuidad. Los microorganismos pueden provenir del campo, de los árboles (Coliformes totales), por el contacto con las manos de los recolectores (Coliformes y estreptococos fecales) y de las aguas de lavado (Archila, 1985). También existe la posibilidad de contaminación en las instalaciones del beneficiadero (Archila, 1985).

El secado de productos agrícolas es una práctica universalmente utilizada, desde el inicio de la agricultura, para conservar su valor nutricional, calidad física, organoléptica e inocuidad por períodos indefinidos de tiempo. Al secar un producto agrícola hasta los niveles exigidos en la comercialización (10% a 12%, en la mayoría de ellos), se reduce la actividad del agua a niveles que impiden el desarrollo de microorganismos y disminuye notoriamente su actividad metabólica.

En este capítulo se presentan tecnologías que se utilizan actualmente en Colombia para el secado del café, desarrolladas en Cenicafé.



Conceptos Generales



La actividad del agua es la humedad relativa de equilibrio del entorno que rodea a un producto, expresada en decimal. Indica la disponibilidad potencial de agua para participar en reacciones químicas, bioquímicas y en el desarrollo de hongos (Borem et al., 2008). La actividad del agua está relacionada con el tipo de producto, su composición química y con la temperatura de los granos (Borem et al., 2008).

Con el conocimiento de la actividad del agua se pueden definir las condiciones de temperatura y humedad relativa más favorables para la conservación de los granos en almacenamiento y durante el procesamiento. La actividad del agua mínima para el crecimiento de microorganismos como *Aspergillus ochraceus* varía de 0,77 a 0,83 y para la producción de la toxina **ocratoxina A (OTA)** de 0,83 a 0,87 (Urbano et al., 2000). Pardo et al. (2005) no observaron producción de **OTA** con actividad del agua de 0,80. De acuerdo con Suárez et al. (2004) con la **actividad del agua inferior a 0,80 el café está protegido de A. ochraceus**. En estudio realizado con café lavado (Puerta, 2005), se observó mayor presencia de *fusarium* spp. y *Penicillium* spp., seguido de *Cladosporium* spp., durante el proceso de secado solar.

Aunque en el proceso del secado los granos de café se llevan hasta un contenido del 10% al 12% (base húmeda), su contenido de humedad puede variar posteriormente dependiendo de las condiciones ambientales del sitio donde sean almacenados, principalmente la temperatura y la humedad relativa, y del tiempo de almacenamiento, hasta alcanzar una condición de equilibrio que en el caso del café y de las regiones cafeteras colombianas es superior al 12%. En estas condiciones de contenido de humedad, la actividad del agua es superior a 0,8, permitiendo el desarrollo de la mayoría de hongos que pueden afectar su calidad sensorial e inocuidad.

En la Figura 1 se presentan curvas de humedad de equilibrio para café pergamino variedad Caturra que permiten conocer las variaciones del contenido de humedad dependiendo de

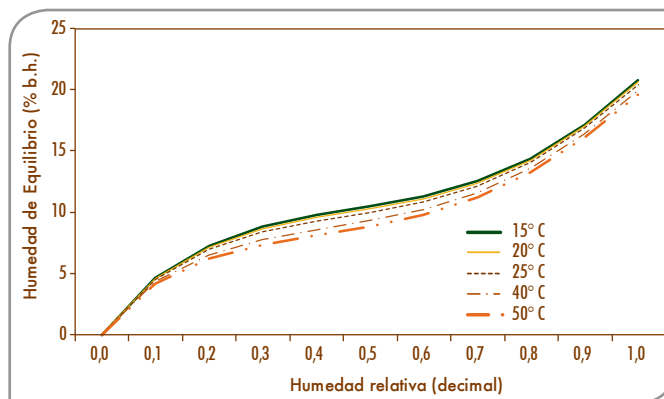


Figura 1.

Curvas de humedad de equilibrio para diferentes temperaturas y actividad del agua, para café pergamino variedad Caturra. Fuente Trejos et al. (1989).

las condiciones de humedad relativa y de temperatura a que sean sometidos durante un largo período de tiempo.

Secado solar del café

Brillo solar y radiación solar en Colombia

El sol es la fuente central de energía en el sistema solar. La energía solar que llega a la Tierra es una pequeña fracción de la energía generada por el sol, permitiendo la vida y todas las manifestaciones como corrientes de aire, actividad fotosintética, ciclos hídricos y corrientes oceánicas, entre otras. La energía que llega hasta el suelo es la resultante de la radiación solar directa y la difusa. En días soleados predomina la radiación directa, mientras que la difusa lo hace en los días nublados. En el secado solar del café en Colombia, en días de mayor flujo de la cosecha, se aprovecha principalmente la radiación difusa y la energía del aire.



La información de las condiciones climáticas del lugar, principalmente temperatura, humedad relativa y brillo solar, la producción anual de café, el flujo en los días de mayor producción o días "pico" y la disponibilidad de mano de obra, entre otros factores, se debe tener en cuenta en la selección y el dimensionamiento de tecnologías solares para el secado del café.

En la mayor parte de las zonas cafeteras colombianas el brillo solar varía entre 1.600 y 1.800 h/año, con promedio de 1.550 h/año, que indican alta nubosidad y alta radiación difusa (Jaramillo, 2005). En cada cuenca hidrográfica el brillo solar varía con la altitud, por efecto de la nubosidad diurna. Información de brillo solar mensual en diferentes áreas cafeteras es presentada por Jaramillo (2005). El promedio de la disponibilidad multianual de energía solar varía entre 2.190 en La Guajira y 1.278 kWh/m²/año, en la Costa Pacífica (IDEAM, 2013). Para la región Andina el promedio anual de radiación solar es 1.643 kWh/m²/año (IDEAM, 2013).

Tecnologías para el secado solar del café

En el secado solar se aprovechan la energía natural del aire ambiente y la radiación solar, que inciden directamente sobre la superficie de los granos. Cuando una masa de café tiene una altura de capa de secado de



Figura 2.

Superficie de una capa de café en secado solar (arriba). Áreas que reciben radiación solar directa, más claras (abajo).

2,5 cm, la superficie de café representa solamente el 2,71% del total de granos que aprovechan la radiación directa. En la Figura 2 se observa el área de granos de café que está expuesta a la radiación directa. Teniendo en cuenta lo anterior, el café debe revolverse al menos cuatro veces al día (Roa *et al.*, 1999), para permitir que otros granos aprovechen también la radiación solar directa, obtener un producto con humedad final más uniforme y aprovechar más eficientemente la energía empleada en el proceso de secado.

En Cenicafé se han desarrollado tecnologías para el secado solar del café, en las cuales se aprovechan eficientemente la radiación solar y la energía del aire, y se obtiene un producto de alta calidad física y sensorial. Son estructuras de bajo costo, fáciles de utilizar, que pueden ser construidas con mano de obra local e inclusive por el propio caficultor. Los diseños se han ajustado teniendo en cuenta observaciones y recomendaciones de los usuarios.

Los secadores solares se han diseñado para atender las necesidades de secado en fincas con producción máxima de 1.875 kg de café pergamino seco por año (150 @.año⁻¹ de c.p.s.). Los menores tiempos de secado (3 a 7 días), se han obtenido con un promedio de brillo solar superior a 5 h.día⁻¹, con altura de capa máxima de café lavado de 2 cm (13 kg de café lavado/m²), revolviendo el café por lo menos 4 veces al día, utilizando rastrillos diseñados en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2006), como el presentado en la Figura 3.

A continuación se presentan tecnologías que se utilizan actualmente en Colombia para el secado del café, desarrolladas en Cenicafé.

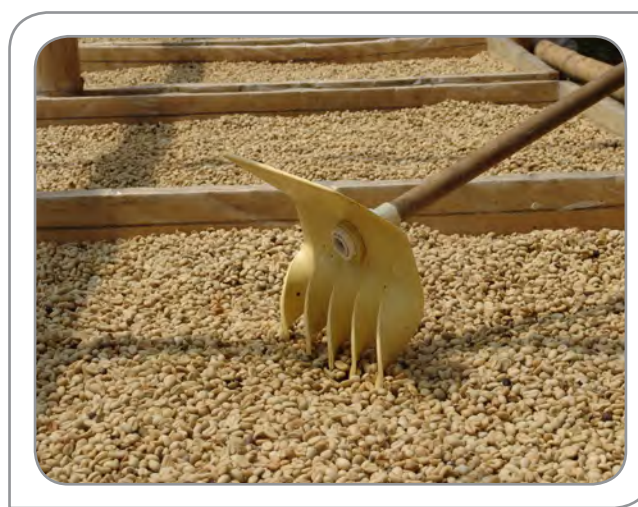


Figura 3.

Rastrillo para revolver café diseñado en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2006).

Secador parabólico

Es una estructura con cubierta en forma de parábola, con piso en concreto o en malla soportado por una estructura construida en guadua (Figura 4). El plástico utilizado en la cubierta es Agroplas N calibre 6. En ensayos realizados se observó menor tiempo en el secador parabólico que en plataformas móviles o “carros”, hasta del 23,5% (Figura 5). El piso del secador puede ser construido en concreto de 5 cm de espesor, con relación de 1:2:3 de cemento, arena y gravilla fina, respectivamente, colocado sobre una estructura construida en guadua, a 80 cm del suelo; para el piso también puede utilizarse una malla plástica, negra, de referencia RED 5000 (Figura 6), con aberturas de 4,4 x 4,4 mm que permiten mayor circulación de aire a través de la capa de granos, con mayor remoción de humedad en las etapas iniciales del proceso de secado. En pruebas realizadas se observó reducción en el tiempo de secado hasta del 50% (Figura 7). El plano detallado para la construcción del secador parabólico se presenta en el Avance Técnico 305 (Ramírez et al., 2003).



Figura 4.

Secador solar parabólico diseñado en Cenicafé.

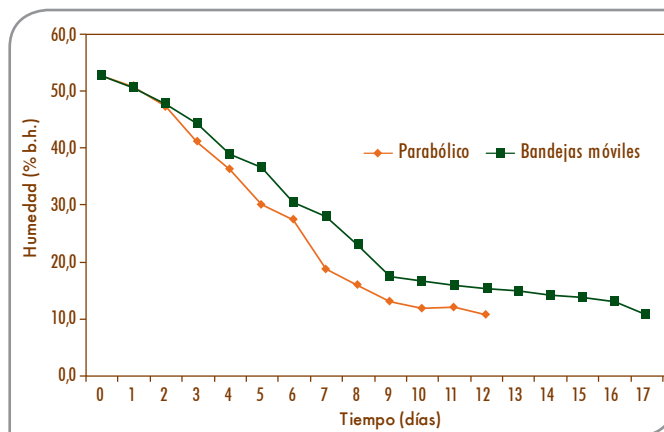


Figura 5.

Curvas de secado para café pergamino lavado en equipo parabólico y en bandejas móviles o “carros”, en las instalaciones de Cenicafé (Chinchiná).

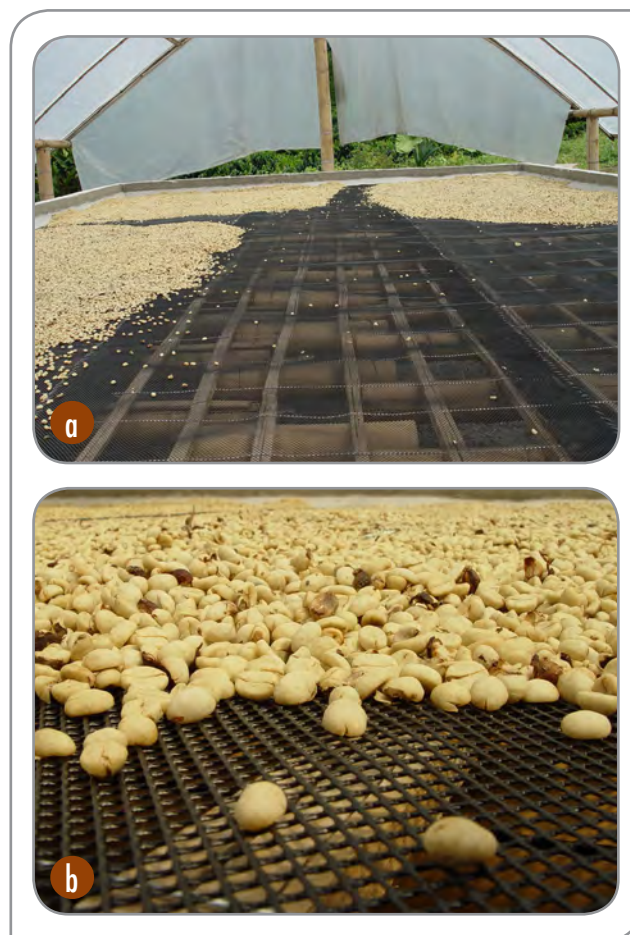


Figura 6.

Piso en malla plástica del secador parabólico tipo Cenicafé. **a.** Vista general de la estructura sobre la cual se apoya la malla plástica; **b.** Vista cercana mostrando la malla y los granos de café.

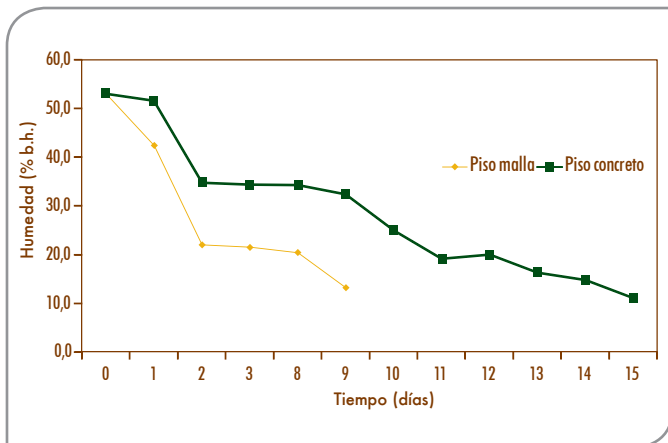


Figura 7.

Curvas de secado obtenidas con secador parabólico con piso de concreto y en malla plástica, fabricada en hilos de polietileno de alta densidad, de 1 mm de diámetro y separación libre entre hilos de 4,4 mm (RED 5000).

El secador parabólico ha sido construido y utilizado exitosamente en las zonas cafeteras de Colombia, como única opción en fincas de menor producción (hasta de 1.875 kg de café pergamino seco (c.p.s.) al año ó 150 @ de c.p.s. al año) y como alternativa en días de menor flujo de cosecha en fincas de mayor producción.

En su construcción se emplean materiales como plástico y guadua, entre otros, con vida útil diferente. El plástico utilizado para la cubierta puede durar de 3 a 5 años, si se siguen las instrucciones presentadas por Ramírez et al. (2003) en el Avance Técnico de Cenicafé No. 305; el piso puede durar 15 años o más si es construido en concreto sobre estructura de guadua y hasta 5 años si es construido en malla plástica Red 5000. Teniendo en consideración lo anterior se diseñó un nuevo modelo, denominado parabólico 2, utilizando parte de la estructura y la guadua, en caso que esté en buen estado (Figura 8). En el nuevo modelo la altura máxima en la cumbre es de 1,5 m; se utilizan compuertas laterales, para facilitar el trabajo al operario fuera del equipo, para mayor confort y mayor facilidad para limpiar la cubierta plástica. Los detalles para su construcción son presentados en el Avance Técnico de Cenicafé No. 376 (Oliveros et al., 2008).

Cuando el piso no está en buen estado y se desea seguir utilizando el secador Parabólico – Cenicafé, puede construirse un secador con piso alto (a 80 cm del suelo), con cubierta similar a la del secador parabólico 2, como se presenta en la Figura 9. Para el piso se utiliza malla plástica sarán de 40% de sombra. Por la altura del piso y facilidad de operación, algunos caficultores lo consideran apropiado para el secado solar del café.



Figura 8.

Secador solar parabólico 2, con cubierta modificada, construido aprovechando el piso de un secador Parabólico 1.



Figura 9.

Secador solar parabólico 2, con cubierta modificada, construido aprovechando el secador Parabólico 1.

Secador solar tipo túnel

El secador solar tipo túnel consta de un piso en malla, soportado en una estructura construida en madera o en tubos de hierro, a 0,8 m del suelo, con cubierta plástica para proteger al café de la lluvia. Son utilizados en Brasil para el secado del café en fruto y lavado, con y sin utilizar la cubierta plástica, denominados pisos elevados. De acuerdo con Micheli (2000), citado por Borém et al. (2008), con secadores tipo túnel sin cubierta plástica, denominados “terreiro suspenso”, se obtiene mejor calidad en cafés despulpados sin lavar (“descascados”) y con café lavado, que con el método tradicional en piso de concreto.

Como una alternativa a los secadores solares tipo parabólico utilizados en Colombia, se diseñaron secadores solares tipo túnel (Figura 10), teniendo en cuenta sugerencias de los usuarios de los secadores parabólicos, principalmente para facilitar la operación y mantenimiento, disminuir el tiempo de secado y el costo por metro cuadrado (m^2).

Es una estructura en forma de túnel, con piso de 2 x 10 m, a 80 cm del suelo, construida en guadua y malla plástica sarán de 40% de sombra, con cubierta en forma de parábola, de altura máxima 1,8 y 2,0 m de ancho, con tres compuertas en cada lado, para facilitar al operario las actividades relacionadas con el secado del café, como cargar, esparcir el producto en capa de máximo 2 cm de altura, revolver y recoger, y descargar el producto seco. Con este modelo de 20 m^2 de área de piso puede secarse hasta 270 kg de café lavado, con altura de capa de 2 cm. En la Tabla 1 se presentan los materiales de construcción, los detalles para su construcción y las recomendaciones para su operación se presentan en el Avance Técnico de Cenicafé No. 353 (Oliveros et al., 2006).

Secadores solares tipo túnel construidos con estructura metálica

Para facilitar la construcción de secadores solares tipo túnel y disminuir el costo de la mano de obra utilizada, se diseñaron dos nuevos modelos denominados Secador Túnel Solar Modelo 1 (TS-1) y Secador Túnel Solar Modelo 2 (TS-2). Adicionalmente, se buscó mejorar la fijación del plástico a la estructura, disminuyendo notoriamente las perforaciones ocasionadas por los clavos utilizados en los modelos anteriores, para alargar su vida útil. El modelo TS-1 conserva las dimensiones presentadas en el Avance Técnico Cenicafé No. 353 (Oliveros et al., 2006), reemplazando la guadua utilizada en la cubierta por tubos de hierro de 1", calibre 18, madera cepillada de 4 x 2 cm y manila de ¼" (Figura 11). El volumen de la cámara de secado es 14,77 m^3 .

El secador Túnel Solar Modelo TS-2 presenta cámara de secado de 60,7cm, de menor altura que el modelo 1 (Figura 12), y un volumen de cámara de secado de 9,53 m^3 , con el fin de lograr mayores temperaturas en su interior y mayores tasas de secado, que se reflejan en menores tiempos de secado. Con esta reducción de altura se utiliza menos plástico para la construcción de la cubierta (Tabla 1), con menor costo del metro cuadrado de secador. También se utiliza tubo de hierro de 1" de diámetro, calibre 18, y tubo de hierro de sección rectangular de 2"x 4", calibre 18, **recubiertos con pintura anticorrosiva y pintura de aceite blanca.**

A continuación se presentan los materiales necesarios para la construcción del Secador Túnel Solar Modelo TS-2 (Tabla 2).



Figura 10.

Secador solar tipo túnel desarrollado en Cenicafé para café pergamino. **a.** Vista interna del secador; **b.** Manejo del café por medio de compuertas laterales; **c.** Rastrillo desarrollado en Cenicafé para revolver el café (Oliveros et al., 2006).

Material	Unidad	Dimensiones	Cantidad	Observaciones
Guaduas	m	1,00	10	Bases o columnas
	m	2,00	17	Partidas a la mitad en medias caras para un total de 34 piezas para soportar el piso del secador
	m	5,00	8	Para los soportes del piso
	m	5,00	4	30 "latas" de 3 cm x 5,0 m
	m	3,00	1	8 "latas" para los arcos de 3 cm x 3,0 m
Total Guaduas	m	5,00	20	
Varillón de 4 x 2 cm (Sajo)	Unidad	3	20	Para estructurar los arcos de la cubierta
Varas de 1 x 2 cm (Sajo)	Unidad	20	8	Para templar las tapas laterales en plástico
Plástico Agropilas N (PQA)	m	3	13	Calibre 6
Tubo conduit de 1 1/4"	m	6	4	Estructura arcos de la cubierta
Puntillas	lb	3"	1	
Puntillas	lb	2"	1	
Puntillas	lb	2 1/2"	1	
Puntillas	lb	1 1/2"	1	
Alambre galvanizado	kg		2	Calibre 18 para amarras
Tornillo galvanizado	m	3/8"	2,5	
Arandela	Unidad		20	
Tuerca	Unidad		20	
Grapa cosedora	caja		1	
Malla Sarán	m	3,0 x 1,0	11	Malla tipo Sarán de 45% de sombra
Fibra polietileno	rollo		1	
Pintura vinilo	galón		0,25	Blanco protección madera
Pintura aceite	galón		0,25	Blanco
Thinner	L		1	
Brocha 2"	Unidad		1	
Mano de obra	Jornales		4	Solo la cubierta

Tabla 1.

Materiales requeridos para la construcción de un secador de túnel solar modelo TS-1.



Figura 11.

Secador Túnel Solar Modelo TS-1. **a.** Estructura construida para la cubierta; **b.** Fijación de las compuertas laterales; **c.** Fijación del plástico a la estructura utilizada para la cubierta; **d.** Vista interior de la cámara de secado; **e.** Vista general del secador.



Figura 12.

Secador Túnel Solar Modelo TS-2. **a.** Estructura utilizada para la cubierta; **b.** Detalle de la unión del tubo de sección rectangular al pórtico; **c.** Fijación del plástico a la estructura de la cubierta; **d.** Vista interior de la cámara de secado; **e.** Vista externa del secador.

Material	Unidad	Dimensiones	Cantidad	Observaciones
Guaduas	m	1,00	10	Bases o columnas
	m	2,00	17	Partidas a la mitad en medias caras para un total de 34 piezas para soportar el piso del secador
	m	5,00	8	Para los dos soportes del piso
	m	5,00	4	30 latas de 3 cm x 5,0 m
	m	3,00	1	8 latas para los arcos de 3 cm x 3,0 m
Total guaduas	m	5	20	
Varas de 1 cm x 2 cm (madera fina)	Unidad	20	8	Para templar los tapas laterales en plástico
Plástico Agroplas o N PQA	m	2,5 de ancho doble	12	Calibre 8
Tubo conduit de 1 1/4"	m	6	5	Estructura arcos de la cubierta
Perfil rectangular 1" x 2" x 6mts Cal 18	m	6	5	
Platina de 1/8"x 1" x mts	m		1	
Tornillo madera cabeza plana 9x1 ref 1491	caja		1	Unir perfiles con tubos
Tornillo madera cab. plana 9x1.1/2 ref 1493	caja		1	Unir perfiles con tubos
Tornillo madera cab. plana 9x2.1/2 ref 1496	caja		1	Unir perfiles con tubos
Puntillas	Libra	3"	1	
Puntillas	Libra	2"	1	
Puntillas	Libra	2 1/2"	1	
Puntillas	Libra	1 1/2"	1	
Alambre galvanizado calibre 18	kg	1/16"	2	Amarras
Tornillo galvanizado x metros	Unidad	3/8"	25	
Arandela	Unidad		20	
Tuerca	Unidad		20	
Grapa cosedora	caja		1	
Malla Sarán del 45%	m	3,0 m x 11,0 m	1	Malla tipo Sarán de 45% de sombra
Fibra polipropileno	Rollo		1	Referencia 120000
Pintura	Galón		0,25	Protección madera
Pintura	Galón		0,25	Vinilo blanco
Thinner	L		1	
Brocha 2"	Unidad		1	
Mano de obra	Jornal		4	Solo cubierta

Tabla 2.

Materiales requeridos para la construcción de un secador de túnel solar modelo TS-2.

En días lluviosos el secador puede operarse con las compuertas laterales cerradas más del 80%, utilizando un ventilador axial de 6" de diámetro (extractor), con un promedio de caudal de $4,91 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, controlado por medio de un temporizador que lo activa cada 10 min, durante 2 min. De esta forma se evita el contacto del café con la lluvia, mejora el aprovechamiento de la energía solar y facilita la operación del secador.

En la Figura 13 se presentan las curvas de secado obtenidas con los secadores solares tipo túnel, modelo 1 (TS1) y 2 (TS2), y con el secador parabólico con piso y cubierta modificados (SP3). Se observa menor tiempo de secado con el modelo TS2 seguido del TS1.

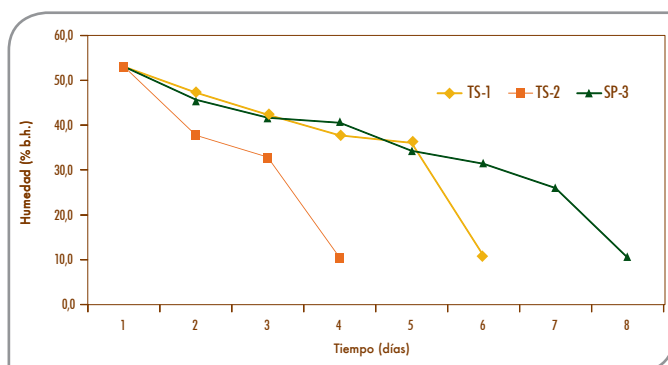


Figura 13.

Curvas de secado obtenidas con tres tipos de secadores solares. Tipo túnel solar, modelo 1 y 2 (TS1 y TS2) y con secador parabólico con piso y cubierta modificados (SP3).

Secador solar tipo túnel para pequeños productores

Para caficultores con producción anual hasta de 625 kg de café pergamino seco por año (50 @.año^{-1} de c.p.s.), se diseñó un secador solar tipo túnel de bajo costo por metro cuadrado, con piso para secado de $1 \times 6 \text{ m}$, que puede ser construido fácilmente por el caficultor con la ayuda de su familia, modelo TS-3 (Figura 14).

Este secador presenta las siguientes novedades con relación al túnel solar, modelos TS-1 y TS-2:

- Se puede ensamblar en el sitio escogido y desarmar en menos de 4 h.
- La altura del piso del secador puede variar desde menos de 20 cm hasta 80 cm.
- El plástico empleado para la cubierta se coloca utilizando accesorios que permiten extenderlo y retirarlo en menos de 10 minutos, por lo cual, cuando no hay café para secar se puede retirar y guardar, aumentando su vida útil.

- La estructura de la cubierta está construida utilizando componentes metálicos y fibra sintética, de relativo bajo costo, fácil uso y, principalmente, larga vida útil.



Figura 14.

Secador de túnel solar modular para café. a. Vista general; b. Detalle del accesorio empleado para fijar el plástico de la cubierta del secador.

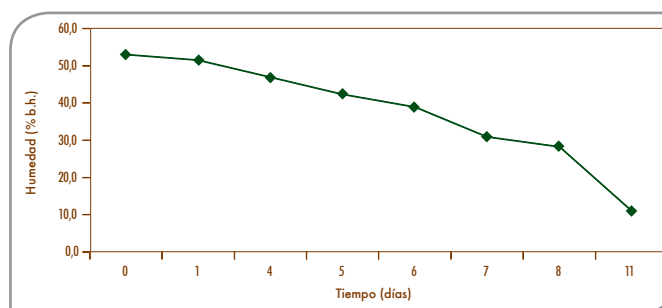


Figura 15.

Curva de secado para café, obtenida en el secador modular de túnel solar, con una altura de capa de granos de 2 cm.

El tiempo requerido para secar el café del 53% a 11% de humedad es de 11 días (Figura 15), lo cual se explica por las condiciones climáticas que se presentaron durante el ensayo: 3 días con cero horas de brillo solar, 5 días hasta con 2 horas de brillo solar y un 1 día con 4 horas de brillo solar.

Consideraciones prácticas

Estos secadores también pueden utilizarse en fincas de mayor producción en días de menor flujo de cosecha, también se pueden emplear para orear el café y continuar el proceso en el silo, disminuyendo costos de combustible y de energía eléctrica.

Algunas propiedades ópticas y mecánicas de dos plásticos utilizados para la cubierta de secadores parabólicos, referencia Agroplas N y AgrocLEAR de 7 a 8 milésimas de pulgada de espesor, se presentan en la Tabla 3 (Oliveros, 2004). Después de 2 años, se observa que las propiedades ópticas del plástico experimentan variación máxima del 12%, mientras que las propiedades mecánicas, principalmente la resistencia al rasgado, presentan disminución hasta de 82,2%. Luego de este tiempo, los plásticos se han “endurecido”, comportamiento que se refleja en el incremento de la resistencia a la tensión en el punto de rotura en ambas direcciones (hasta 29%).

Método para medir la humedad del café en secado solar

En días soleados, la temperatura en el interior de los secadores solares tipo túnel desarrollados en Cenicafé puede alcanzar valores superiores a 50°C, durante varias horas, y la humedad relativa disminuir a menos del 20%. Desde el punto de vista del proceso de secado, esto contribuye a aumentar la tasa de extracción de humedad de los granos y disminuir el tiempo de secado. Sin embargo, también puede causar que los granos disminuyan su contenido de humedad a niveles inferiores al 10%, con pérdidas económicas al caficultor, si no se está atento para determinar el momento adecuado para retirarlos del secador.

Para medir la humedad del café en las fincas se utilizan métodos basados generalmente en el color y la dureza de las almendras, que con frecuencia conducen a tomar decisiones equivocadas sobre el momento apropiado para retirar el café del secador, cuando su contenido de humedad está en el rango exigido en la comercialización (10% a 12% en base húmeda, b.h.). En un estudio realizado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Federacafé, 1984) con 623 muestras de café pergamino seco, obtenidas en igual número de fincas, se encontró que el 25% de ellas tenían menos del 10% de humedad y el 13% más del 12%, es decir, el 38% de las muestras no presentaba el contenido de humedad final exigido en la comercialización, lo cual ocasiona pérdida en la calidad del café y afecta los ingresos del productor (Roa et al., 1999).

Propiedad	AgrocLEAR			Agroplas		
	Tiempo, años		Variación,%	Tiempo, años		Variación,%
	0	2		0	2	
Transmisión de luz total (400nm - 700nm), %	77,3	82,2	6,3	82,2	81,1	-1,3
Transmisión de luz difusa (400nm - 700nm), %	44,9	44,0	-2,0	17,5	19,5	11,4
Termicidad, %	87,4	85,9	-1,7	53,7	56,6	5,4
Resistencia al rasgado, gf (DM)	5.000	889	-82,2	5.000	1.272	-74,6
Resistencia al rasgado, gf (DT)	5.200	1.600	-69,2	5.200	1.587	-69,5
Elongación en punto de rotura,%,(DM)	450	986	119,1	450	768	70,7
Elongación en punto de rotura,%,(DT)	590	1.320	123,7	590	1.050	78,0
Resistencia a la tensión en punto de rotura, MPa (DM)	16,3	20	22,7	16,3	21	28,8
Resistencia a la tensión en punto de rotura, MPa (DT)	16,3	19	16,6	16,3	16	-1,8

Tabla 3.

Propiedades ópticas y mecánicas de plásticos utilizados en secadores parabólicos referencia Agroplas N y AgrocLEAR de 7 a 8 milésimas de pulgada de espesor, construidos en Chinchiná (Caldas). (Oliveros, 2004).

Para determinar el momento adecuado para detener el secado, los caficultores o personas responsables de la actividad recurren a métodos tradicionales como la evaluación del color del café sin pergamino o de la dureza del mismo, también al sonido que producen los granos de café al revolverse dentro del secador. Recientemente, en una prueba realizada con 76 caficultores, con muestras de café en almendra, en el rango de humedad del 8% al 14%, se observó que solamente el 30% identificó el café en el rango del 10% al 12%, mientras que el 37% asoció el color con más del 12% de humedad y el 33% se inclinó por los granos con menos del 10%, con lo cual se evidenció que el 70% de los caficultores cometen un error, sea sobre o subestimando la humedad del café (Peñuela et al., 2010); estos resultados corroboran una vez más que los métodos tradicionales empleados en las fincas no son confiables para determinar la humedad del café.



En Cenicafé se desarrolló un método para medir la humedad durante el proceso de secado solar y definir el momento de retirar el café, basado en la conservación de la materia seca durante el proceso de secado, es decir, se asume que se retira fundamentalmente agua, considerando que las pérdidas por respiración son pequeñas y se pueden descartar (Oliveros, 2001; Oliveros et al., 2009). La humedad del café al inicio del proceso de secado, escurrido una hora en tanque, sin flotes, guayabas, granos brocados, ni restos de pulpa, es de 53% b.h. (Oliveros et al., 2009). El café seco se considera con humedad del 11% (b.h.), con el fin de evitar granos con humedad superior al 12% (granos “flojos”), que pueden ser detectados al momento de vender el café y causar el rechazo del lote. Teniendo en cuenta las condiciones iniciales y finales de humedad definidas anteriormente para el proceso de secado, cuando la masa de café experimente una disminución de 47,3% de su valor inicial, el café estará con un promedio de humedad del 11%.

Para la **aplicación del método, denominado Gravimet**, se utiliza una canastilla construida en malla plástica, translúcida, con aberturas de 6,5 x 6,5 mm en el fondo y área libre de 68%. En los costados presenta aberturas rectangulares de 6,5 x 4,5 mm y área libre de 63%. En la canastilla se deposita una muestra de igual altura a la capa a secar: 200 g en capa de 2 cm de altura, 150 g con altura de capa de 1,5 cm y 100 g con altura de capa de 1,0 cm; con las alturas de capa de café anteriores, el peso del café seco al 11% b.h., debe ser 104 a 105 g, 78 a 79 g y 52 a 53 g, respectivamente, como se presenta en el Avance Técnico de Cenicafé No. 387 (Oliveros et al., 2009). Para pesar el café se utiliza una balanza digital de bajo costo, con rango 0 a 5 kg y resolución de 1 g. Jurado et al. (2009) obtuvieron un error absoluto promedio de 1,0% para el **método Gravimet**, en el rango de 53% a 10%. El método fue evaluado en fincas de caficultores en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío, con un total de 231 lotes de café, a los cuales se les realizó el seguimiento de la humedad utilizando el **método Gravimet**, como resultado de este proceso, el 93% de los lotes presentó contenido de humedad entre el 10% y el 12% (Oliveros et al., 2009).

Para la aplicación del **método Gravimet** se emplea el procedimiento presentado en el Anexo 14. Aplicación del Método Gravimet.

Consideraciones generales para seleccionar un secador solar

Para seleccionar un secador solar deben considerarse al menos los siguientes factores:

- Flujo de café en la semana de mayor producción, denominada semana “pico”
- Información sobre clima, principalmente temperatura media, precipitación, humedad relativa media y brillo solar de la región donde está localizada la finca
- Posibilidad de cambios notorios en las condiciones climáticas del lugar por la presencia de los eventos de La Niña y El Niño
- Disponibilidad económica
- Alternativas tecnológicas

El flujo de café en la semana “pico” se puede considerar igual a cuatro veces la producción del día “pico”. La producción en el día pico varía, en general, dependiendo de la altitud de la finca, siendo mayor en zonas localizadas a menos de 1.400 m.s.n.m. Puede variar del 1% hasta el 2,0% de la producción anual. Los registros de producción de la finca generalmente son la mejor guía para estimar la producción de la semana pico.

Consideraciones prácticas

La información sobre clima en regiones cafeteras colombianas se registra en el Anuario Meteorológico Cafetero publicado anualmente por Cenicafé, en el cual se encuentra la información obtenida en la red meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros distribuida en las zonas cafeteras colombianas, para cada mes y día del año, en un determinado lugar. En este documento se puede obtener información de temperatura (máxima y mínima), humedad relativa media (%), precipitación (mm) y brillo solar (h).

La época más crítica para el secado solar se presenta durante la temporada de cosecha por las condiciones climáticas que se presentan: Alta precipitación, baja temperatura, alta humedad relativa y bajo brillo solar, con un producto con actividad del agua superior a 0,9 durante gran parte del proceso. Para disminuir los riesgos para la calidad e inocuidad del café se debe tener especial cuidado al seleccionar la tecnología a utilizar y el área de secado disponible para cada día de la semana que lo requiera. La altura de capa no debe superar 2,0 cm y el café se debe revolver al menos cuatro veces al día para permitir el mejor aprovechamiento de la energía solar y del aire.

Como criterio para definir la viabilidad de alguna de las tecnologías mencionadas para el secado solar, como principal alternativa en la finca y para estimar el área requerida, se debe considerar que los mejores resultados se obtienen en lugares con un promedio de brillo solar superior a 5 h.día⁻¹, y que en estas condiciones el secado, con altura de capa hasta de 2 cm, dura máximo 7 días.

De las consideraciones anteriores, se pueden estimar para una determinada tecnología la capacidad diaria y semanal máximas. Con un secador solar tipo túnel con área de piso de 20 m², se podrían secar cada día, en promedio, 55,5 kg de café lavado y escurrido, con una altura máxima de capa de 2 cm. En la semana se secarían 280 kg de café lavado, de los cuales se obtienen aproximadamente 148 kg de café pergamino seco al 11%. Se podría atender las necesidades de secado de fincas con producción anual de 2.951 kg y 1.475,6 kg de c.p.s. (236 - 118 @.año⁻¹ de c.p.s.), con días “pico” de 1% y 2%, respectivamente.

La ocurrencia de eventos de La Niña y El Niño debe tenerse en cuenta en la decisión sobre la tecnología a utilizar y el área requerida para el secado del café. En eventos de El Niño, con mayor temperatura, menor

precipitación, menor humedad relativa y mayor brillo solar, la cosecha tiende a concentrarse, con mayor flujo de café en el día pico respecto a los registrados en tiempo neutro. En el evento de La Niña, por las condiciones climáticas que se presentan la cosecha tiende a ser menos concentrada y el proceso de secado requiere más tiempo, aumentando los riegos para la calidad e inocuidad del café. Debido al incremento en las precipitaciones en los días de la cosecha, es recomendable utilizar secadores con cubierta plástica para proteger al café (tipo parabólico y túnel solar) o colocar cubierta plástica a los que no la tienen, como patios y carros.

Secado mecánico del café

En gran parte de las regiones cafeteras las condiciones climáticas en la época de cosecha no son favorables para el secado solar del café, aun en pequeña escala, por la baja temperatura, la alta humedad relativa y el bajo brillo solar que se presentan, condiciones que aumentan el tiempo en el proceso de secado, con riesgo para la calidad e inocuidad del producto. Debido a ello, en los últimos años se ha incentivado el uso de secadores de baja capacidad estática (desde 94 kg de c.p.s.) como complemento del secado solar, secado combinado o como única alternativa.

De igual manera, en presencia del evento del fenómeno de La Niña las condiciones son desfavorables para el secado solar del café en gran parte de las zonas cafeteras, por el incremento en las precipitaciones de 20% a 40% con relación a los valores esperados (Jaramillo y Arcila, 2009).

El diseño y la operación apropiada de un secador son de gran importancia para obtener café de alta calidad, con mejor aprovechamiento de la energía y de la mano de obra y menores costos.

Tecnologías utilizadas para el secado mecánico del café

El secador mecánico de café tipo Guardiola (Figura 16), fue diseñado por el ingeniero José Guardiola en el año 1869, y es uno de los más conocidos para secar café en el mundo.

Consiste de un tambor, con perforaciones para la salida del aire húmedo, que gira a baja velocidad (< 2 rpm); el tambor está dividido en varias cámaras independientes, a las cuales llega el aire de secado a través de un ducto central con perforaciones. Las cámaras se llenan con café hasta un máximo de 75% a 80% de su volumen. Al girar el tambor los granos se desplazan en varias direcciones, principalmente radial y tangencial, permitiendo su mezcla, para finalmente obtener un producto seco con humedad más uniforme, como su principal ventaja.

Como desventajas se tienen el prolongado tiempo de secado, baja eficiencia energética, necesidad de presecar el café en otros equipos, complejidad de manejo y alto costo, tanto inicial como de mantenimiento.

Con el fin de ofrecer tecnología para el secado de café en Colombia, sin las desventajas mencionadas para el equipo Guardiola, en Cenicafé, en la década de 1970, se diseñó un secador denominado Silo Secador Cenicafé (Figura 17).

Este secador generalmente consta de dos cámaras o cuartos de secado, de menor complejidad mecánica que



Figura 16.

Secador mecánico de café tipo Guardiola.

el secador Guardiola, construido utilizando materiales de mampostería (Ladrillos, bloques, cemento, entre otros).

El aire de secado es entregado en cada cámara desde un túnel central. Para obtener un producto seco con mayor uniformidad de humedad se optó por invertir la dirección del aire que pasa a través de cada capa de granos, utilizando compuertas, en lugar de agitar y mezclar los granos durante el proceso de secado. Para un mejor aprovechamiento de la energía térmica utilizada para calentar el aire de secado, el secador se diseñó con dos cámaras, con altura máxima de capa de 40 cm, en cada una.

A pesar de las ventajas técnicas y económicas presentadas en el Secador Cenicafé se observó dificultad para accionar las compuertas debido a que el operario

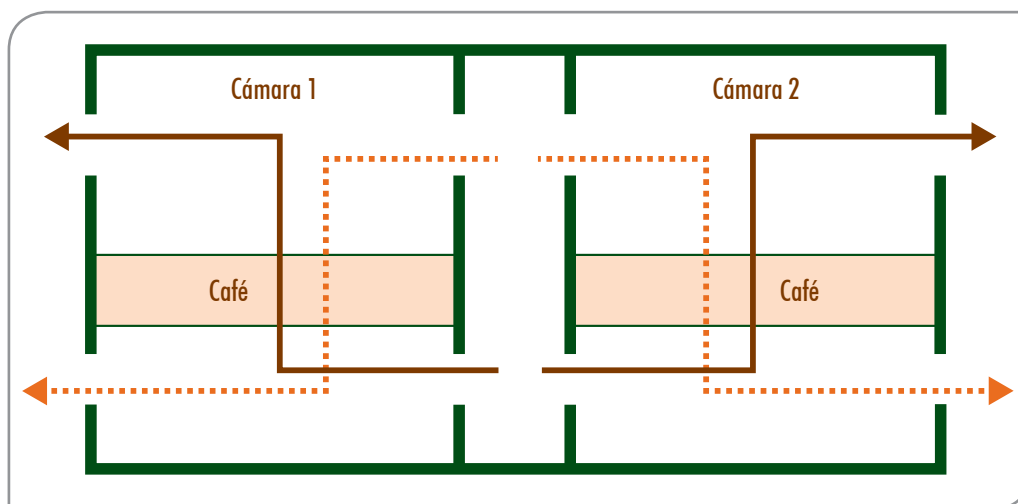


Figura 17.

Esquema de funcionamiento de un Silo Secador Cenicafé de túnel central. Las líneas representan el flujo del aire. Líneas continuas: El aire entra por debajo y sale por encima de la capa; línea punteada: El aire entra por encima y sale por debajo de la capa de café.

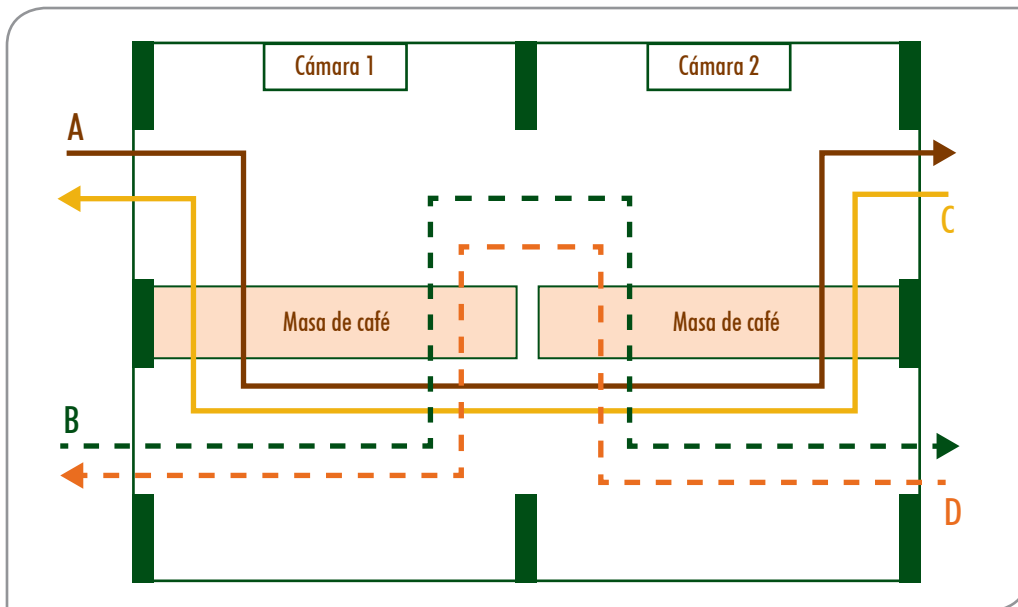


Figura 18.

Esquema de funcionamiento de un silo secador Cenicafé modificado con cámaras dispuestas en un mismo nivel. Las líneas representan el flujo del aire.

debía ingresar al túnel, que estaba caliente y por sus dimensiones dificultaba el acceso y los desplazamientos. Para superar estas limitaciones y aumentar la eficiencia energética en el proceso, aprovechando la capacidad de secado del aire exhausto, se modificó el silo secador Cenicafé para que trabajara en serie con una capa en secado y otra en presecado, dispuestas en un mismo nivel (Figura 18) o verticalmente (Figura 19). Para esta modificación se requirió de dos compuertas adicionales. En el nuevo modelo las compuertas se operaban por medio de palancas accionadas externamente. Esta tecnología ha sido muy utilizada en Colombia (Figura 20), con las cámaras de secado en un mismo nivel o dispuestas verticalmente.

Los secadores que se fabrican actualmente en Colombia para el café, en general, constan de tres cámaras, dispuestas verticalmente (Figura 21). En cada una se puede colocar una capa de café con altura de 12 a 40 cm, según el modelo y la capacidad del equipo. Para el manejo del café entre cámaras se asume que cada capa está dividida virtualmente en dos capas de igual espesor, denominadas inferior y superior. El café lavado y escurrido, se carga en la cámara más alta, denominada cámara de presecado 2, luego de 6 h de secado con aire a 50°C, se pasa a la cámara intermedia o cámara de presecado 1, descargando primero el café más húmedo (capa superior), luego el más seco (en la capa inferior). A las 12 h de iniciado el proceso de secado, se pasa el café del presecado 1 a la cámara de secado, invirtiendo la capa como se mencionó anteriormente y se carga con café lavado y escurrido la cámara de presecado 2. Seis horas más tarde, el café en la cámara de secado está listo, con humedad entre el 10% y el 12%, se retira del equipo, permitiendo su enfriamiento con aire ambiental durante al menos 4 h antes de ensacarlo. Si el secador se carga

nuevamente con café lavado, cada 6 horas se obtiene café seco.

El secador de tres cámaras se ofrece con o sin inversión de flujo de aire en la cámara inferior. Para la primera

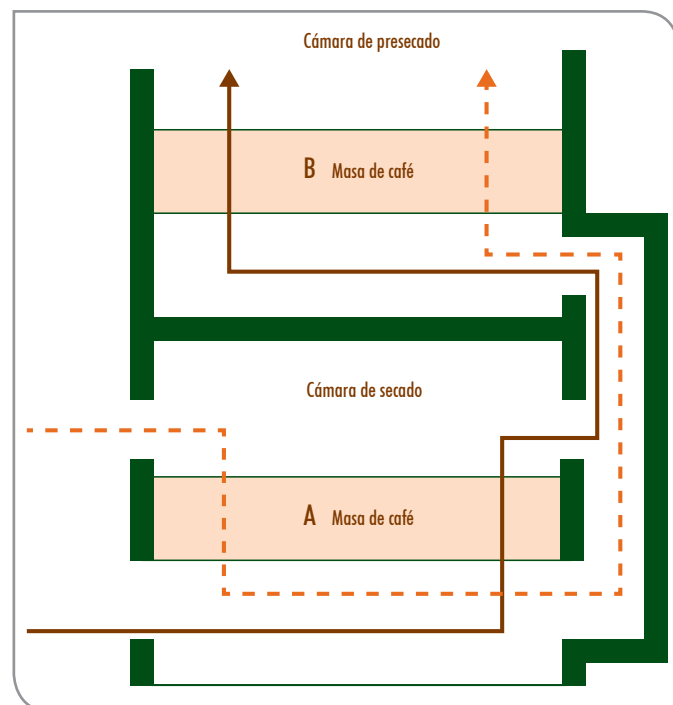


Figura 19.

Secador Cenicafé con cámaras dispuestas verticalmente e inversión del flujo del aire en la cámara de secado. Las líneas representan el flujo del aire.



Figura 20.

Silo secador para café Cenicafé.

opción se requiere de un ducto externo, compuertas y una placa deslizante (Figura 22). En la segunda opción, la uniformidad del secado se logra mediante el paso ordenado del café de una cámara a otra, como se mencionó anteriormente. Esta última disposición es la más económica en cuanto a inversión inicial, pero requiere más mano de obra.



El silo secador Cenicafé ha sido el punto de partida para el desarrollo de nuevos equipos, utilizando el mismo principio de invertir la dirección del flujo del aire o voltear la capa de granos al pasarlos de una cámara a otra para obtener café seco con mayor uniformidad del contenido de humedad.

Algunos equipos fabricados por la industria colombiana para atender las necesidades de secado de café, en amplio rango de producción anual, se presentan en la Figura 21. Para fincas con producción de 2.500 a 3.750 kg.año⁻¹ de café seco se ofrecen secadores con capacidad estática de 178 kg de café lavado (aproximadamente 94 kg de café pergamino seco), utilizando gas propano en combustión directa, para calentar el aire de secado hasta un promedio de 50 °C. Para fincas con producción hasta

de 10.000 kg.año⁻¹ de café seco se fabrican equipos con capacidad para secar 500 kg de café lavado (Aprox. 262 kg de café pergamino seco), con intercambiador de calor y utilizando como combustible cisco o cascarilla de café, con alimentación mecánica o por gravedad. Para mayores necesidades de secado, la industria ofrece secadores con capacidad estática de 10.600 kg de café lavado (Aprox. 5.625 kg de café pergamino seco), con agitación mecánica automática del café en cada cámara de secado, descarga mecánica del café entre cámaras y retiro del café seco utilizando tornillo sinfín.

Ventiladores

Es el componente del equipo que entrega el caudal de aire a la presión requerida (Figura 23). Para café se utilizan ventiladores centrífugos, generalmente con álabes curvados hacia atrás, que no se sobrecargan cuando el secador se utiliza con diferentes alturas de capa (Figura 24). Consta de un rotor que gira excéntricamente en el interior de una voluta en la cual entra el aire por la succión generada por el giro del rotor, luego se comprime y expulsa. El rotor puede estar unido al motor o accionado mediante una transmisión de potencia de poleas y bandas (Figura 25).

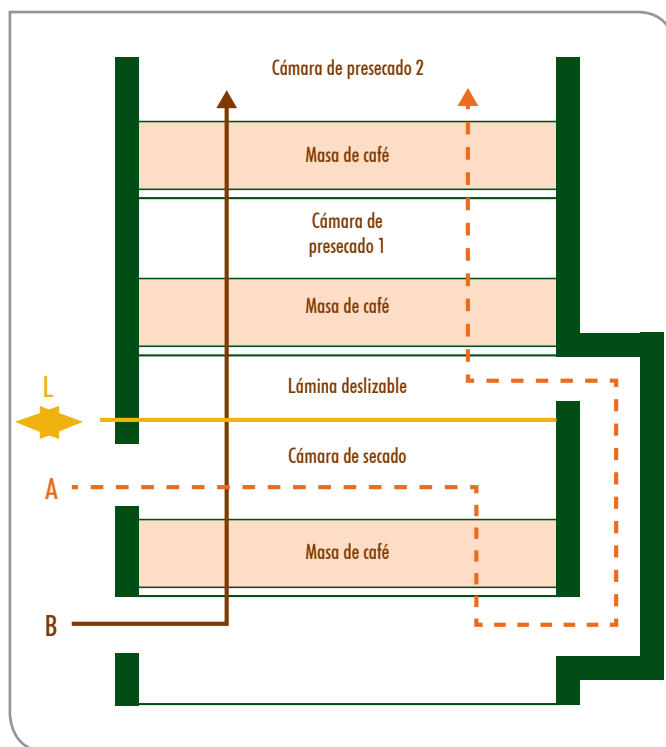


Figura 21.

Esquema de funcionamiento de un secador de tres capas fijas dispuestas verticalmente, con inversión de flujo de aire en la cámara inferior. Las líneas representan la dirección del flujo del aire.



Figura 22.

Secadores de café utilizados en Colombia, con tres cámaras de secado. **a.** Sin intercambiador de calor; **b.** Con intercambiador de calor y alimentación por gravedad de cascarilla de café; **c.** Con intercambiador de calor y alimentación con tornillo sinfín de cascarilla de café; **d.** Con agitación mecánica del café en las cámaras y descarga con tornillo sinfín.



Figura 23.

Ventilador centrífugo utilizado en secadores de café de álabes rectos.



Figura 24.

Ventilador centrífugo utilizado en secadores de café con álabes curvados hacia atrás.

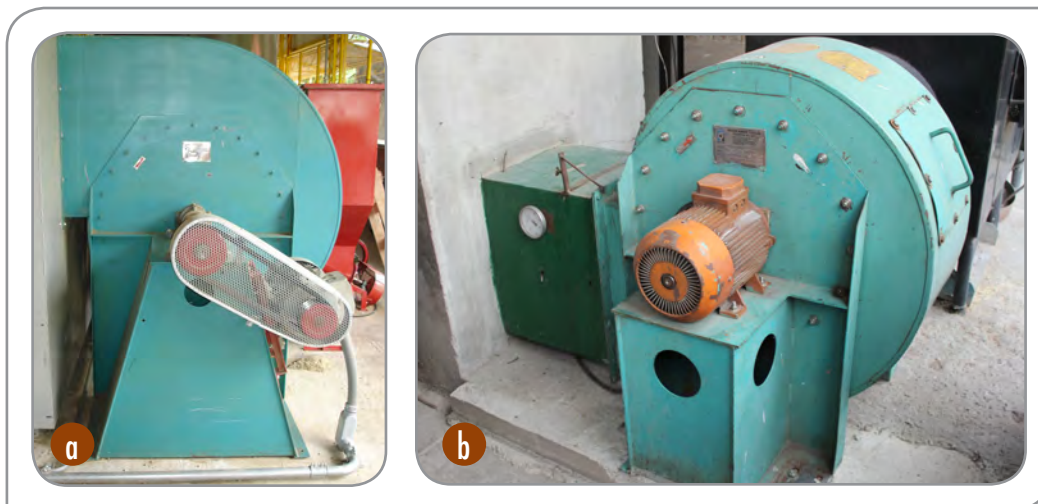


Figura 25.

Accionamiento de ventiladores. **a.** Con transmisión de potencia de poleas y correas; **b.** Acople directo

El ventilador es una turbomáquina que sigue las relaciones de caudal, presión, velocidad de giro y potencia indicadas a continuación (Henderson y Perry, 1976):

El caudal varía directamente con la velocidad de giro, que se expresa como en la Ecuación 1:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde, Q_1 es el caudal entregado a la velocidad de giro N_1 y Q_2 es el caudal que entregaría a una velocidad N_2 .

La presión total, estática o de velocidad, varía con el cuadrado de la velocidad (Ecuación 2).

$$\frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{H_1}{H_2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde, H_1 es la presión (total, estática o de velocidad) a la velocidad de giro N_1 y H_2 es la presión que entregaría a la velocidad de giro N_2 . La potencia requerida varía con el cubo de la velocidad (Ecuación 3).

$$\frac{N_1^3}{N_2^3} = \frac{hp_1}{hp_2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde, hp_1 es la potencia requerida a la velocidad de giro N_1 y hp_2 la potencia que se requeriría a la velocidad de giro N_2 .

Cuando en un secador se considera la posibilidad de variar la velocidad de giro del rotor para modificar el caudal de aire entregado, se recomienda tener en cuenta además de la velocidad requerida para obtener el nuevo caudal (N_Q), la velocidad a la cual deberá girar para alcanzar la nueva presión (N_p), como mencionan Gutiérrez et al. (2012), que

básicamente es la resistencia que ofrece el sistema al paso del nuevo caudal de aire (Ecuación 4).

$$N_f = \frac{(3N_p + N_Q)}{4} \quad \text{Ecuación 4}$$

Como ejemplo de aplicación de las Ecuaciones 1 a la 4 se tiene el siguiente:

En un secador de café de dos cámaras de 2 x 3 m, con 40 cm de altura de capa en cada una, se midió el caudal obteniendo un valor de $120 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, con una presión estática de 3,8 cm de H_2O . El rotor del ventilador del secador gira a 900 rpm y es accionado por un motor de 4,8 hp. Con el caudal obtenido y la masa de café depositada en las dos cámaras (1,6 t de c.p.s.) el evaluador obtuvo un caudal específico de aire de $73 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s., que es notoriamente inferior al valor medio recomendado para secado de café ($100 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s.). Como primera alternativa se considera aumentar la velocidad de giro del ventilador, se puede hacer?

Utilizando la Ecuación 1 se determina la velocidad de giro del rotor del ventilador para obtener el caudal de aire de secado requerido ($164 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$).

$$N_Q = 900 \left(\frac{164}{120} \right) = 1.200 \text{ rpm}$$

Si aumentamos el caudal de aire hasta $164 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ la caída de presión a través de la capa sería de 6,0 cm de H_2O , utilizando la Ecuación 5, propuesta para café por Óliveros y Roa (1986).

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} = \left[\frac{Q}{A} \right]^{1,4793} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde

Q = Caudal de aire ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)

A = Área transversal al flujo del aire (m^2)

M = Contenido de humedad del café (% base húmeda)

ΔP = Caída de presión en secciones distantes L (cm de agua)

ΔL = Distancia entre mediciones de la pérdida de presión P (m)

Con el valor de caída de presión obtenido para el nuevo caudal de aire de secado obtenemos la velocidad de giro del rotor requerida

$$N_p = 900 \sqrt{\frac{6,0}{3,8}} = 1.131 \text{ rpm}$$

Utilizando la Ecuación 4 calculamos la velocidad a la que finalmente el rotor del ventilador debe girar para obtener un caudal de aire de $164 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

$$N_f = \frac{[3 (1.131) + 1.200]}{4} = 1.148 \text{ rpm}$$

La potencia requerida para operar el rotor del ventilador a la nueva velocidad de giro sería

$$P_f = 4,8 \left(\frac{1,148}{900} \right)^3 = 10,0 \text{ hp}$$

En consecuencia se debe reemplazar el motor por otro que entregue la potencia requerida y realizar las modificaciones que sean necesarias en la transmisión de potencia actual. Hay que asegurar que el rotor del ventilador esté suficientemente balanceado para resistir el aumento de velocidad angular.

Consideraciones prácticas

De acuerdo con el ejercicio anterior, las relaciones de caudal, presión y potencia son útiles para estimar el efecto que tendría la variación de giro del motor y la posibilidad de hacerlo para superar situaciones que se presentan frecuentemente en los secadores, generalmente por falta de caudal y de presión de aire de secado. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se logra lo anterior simplemente variando la velocidad de giro del rotor del ventilador. Por ello se recomienda la asesoría de profesionales con experiencia en la selección de equipos para el secado mecánico del café antes de adquirirlos y para realizar modificaciones a los equipos, como la mencionada.

Medición del caudal de aire de secado

Para medir el caudal de aire entregado por un ventilador en un secador de café Oliveros y Roa (1986) determinaron experimentalmente las relaciones entre la caída de presión entre dos puntos localizados a diferente altura en la capa de granos y el flujo de aire por unidad de área de piso del secador (Figura 26).

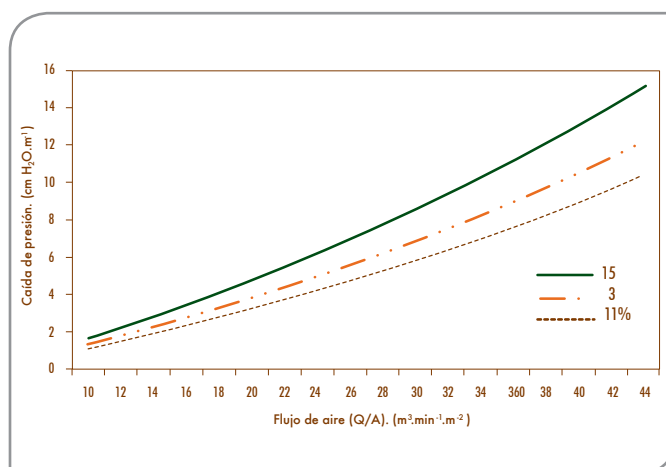


Figura 26.

Relaciones de caída de presión a través de la capa de café por unidad de altura ($\frac{\Delta P}{\Delta L}$) y caudal por unidad de área ($\frac{Q}{A}$), para diferentes contenidos de humedad del café.

Para medir la caída de presión estática puede utilizarse un manómetro, construido en manguera de polietileno doblada en U, con agua, preferiblemente destilada, colocando un fondo en papel milimetrado como se observa en la Figura 27.



Figura 27.

Medición de la caída de presión en una capa de café.

La diferencia entre la parte baja de los dos meniscos en cada manguera, en centímetros de columna de agua, es la caída de presión entre los dos puntos que están localizados a una diferencia de altura (h), medida previamente en metros. Adicionalmente, deben registrarse las dimensiones del piso del secador (a y b , en metros), en equipos de sección rectangular o cuadrada, y obtener el área respectiva ($a \times b$, en metros cuadrados, m^2). Si el secador es de sección circular se mide el radio (r) o el diámetro (D) y se calcula el área, $3,14 r^2$ ó $3,14 (D/2)^2$, en m^2 .

El caudal de aire obtenido siguiendo el procedimiento anterior debe compararse con el recomendado para el secado del café ($100 m^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s.) (Parra et al. 2008), si es inferior, pueden considerarse las siguientes alternativas:

a. Con café lavado, bien escurrido y el secador al 100% de su capacidad, medir el caudal de aire de secado siguiendo la metodología mencionada anteriormente.

Si el valor obtenido no está en un rango de 90 a $110 m^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s., para facilitar el procedimiento, es necesario disminuir en 10% la altura total de capa de café, en una sola cámara de secado. Medir nuevamente la caída de presión entre dos puntos de una capa de café y obtener el caudal de aire respectivo. Si el valor está entre 90 y $110 m^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s., la altura de la capa total a utilizar será la observada. En caso que no se obtenga el caudal de aire de secado requerido, se debe disminuir nuevamente la altura total de la capa de café en 10% y repetir el procedimiento anterior. Teniendo en cuenta el impacto de la reducción de altura total de la capa de café en la capacidad estática de secado se considera que el procedimiento anterior es aceptable cuando la reducción total es de máximo 20% la capacidad inicial del secador.

b. Considerar la variación en la velocidad de giro del rotor del ventilador, siguiendo el procedimiento mencionado en el ejemplo anterior, utilizando un caudal específico de aire de secado de $100 m^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s. Se deben considerar las pérdidas de presión a través del sistema de secado, especialmente a través del intercambiador de calor (Gutiérrez et al. 2012).

c. Si no son viables las alternativas a y b, se debe reemplazar el ventilador, solicitando la asesoría de un profesional con conocimientos en secado mecánico del café.

En Cenicafé (Gutiérrez et al., 2012) se desarrolló un programa en Excel que entrega los planos detallados para la construcción de ventiladores centrífugos para secadores de café (Figura 28), considerando la caída de presión a través de cada uno de los componentes del secador: Intercambiador de calor, ductos, compuertas, piso y capa de granos. Los rotores construidos siguiendo esta metodología se pueden balancear dinámicamente en equipos empleados para ruedas de automotores, a muy bajo costo (Figura 29).

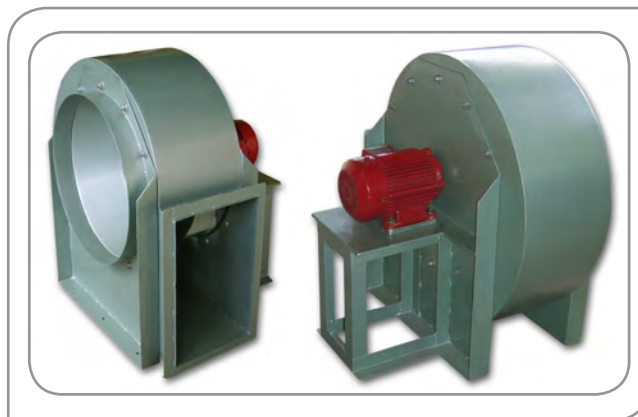


Figura 28.

Ventiladores centrífugos para secadores mecánicos de café construidos siguiendo la metodología propuesta por Gutiérrez et al. (2012).



Figura 29.

Balanceo dinámico de un rotor de un ventilador centrífugo construido siguiendo la metodología propuesta por Gutiérrez et al. (2012).

Calentamiento del aire en secadores mecánicos

En los secadores mecánicos para café utilizados en Colombia, de capa estática y con volteo de capa, el aire se calienta hasta una temperatura de 50°C . El tiempo para secarlo hasta humedad del 10% al 12% (base húmeda) varía de 18 a 24 h.

Para calentar el aire se utilizan diferentes combustibles, principalmente cascarilla o cisco del café, carbón mineral (hulla) y gas propano. **Cuando se utilizan combustibles sólidos se emplea un dispositivo, denominado intercambiador de valor,** para transmitir al aire parte de la

energía liberada durante la combustión, sin contaminarlo con los gases y las partículas resultantes. **Cuando se emplea gas propano no se utiliza intercambiador de calor.** En la Tabla 4 se presenta el poder calorífico de algunos combustibles utilizados en el secado del café y de otros productos agrícolas. Se observa que la cascarilla del café y la leña son combustibles importantes energéticamente para el secado, en efecto, por cada 2 kg de cascarilla de café y 2,3 kg de leña se obtiene la energía equivalente a la de 1 kg de carbón hulla (antracita) (Oliveros *et al.*, 2009).

El intercambiador de calor ofrece importante resistencia al flujo del aire, que debe ser considerada en la selección del ventilador adecuado para un determinado secador. Como se observa en la Figura 30, se presenta gran variación en la caída de presión estática a través de intercambiadores utilizados en las fincas, para un determinado valor de caudal de aire de secado.

En general, los equipos que ofrecen mayor resistencia al flujo del aire presentan mejor aprovechamiento de la energía liberada en la combustión. Sin embargo, mediante el diseño adecuado del intercambiador de calor es posible obtener alta eficiencia térmica (64%) con caída de presión inferior a la que presenta la capa de granos (Gutiérrez, 2011). De esta forma se aprovecha más eficientemente el combustible utilizado, disminuyendo la potencia del motor requerido para operar el ventilador.

La industria colombiana fabrica intercambiadores de calor para atender necesidades de secado desde 250 kg de c.p.s. (22 @ de c.p.s.) hasta más de 3.000 kg de c.p.s. (250 @ de c.p.s.), que pueden ser utilizados con carbón mineral y cisco de café. Para los equipos de menor capacidad estática se ofrecen intercambiadores de calor con alimentación de combustible por gravedad. Para equipos de capacidad estática media y alta se ofrecen intercambiadores con alimentación por medio

de tornillo sinfín. Estos equipos disponen de tolvas con autonomía de trabajo de más de 6 h. En la Figura 31 se presentan algunos intercambiadores de calor producidos en Colombia.

Consumo de combustible y costos en el secado del café

El consumo de combustible por unidad de producto seco ($\text{kg} \cdot @^{-1}$) depende principalmente de los siguientes factores:

- Tecnología utilizada, básicamente intercambiador de calor, ventilador y control de temperatura del aire de secado
- Capacidad utilizada del equipo
- La humedad inicial del café, que puede disminuir a valores inferiores al 40% cuando se lleva inicialmente a secadores solares
- Manejo, depende de la experiencia y habilidad del operario

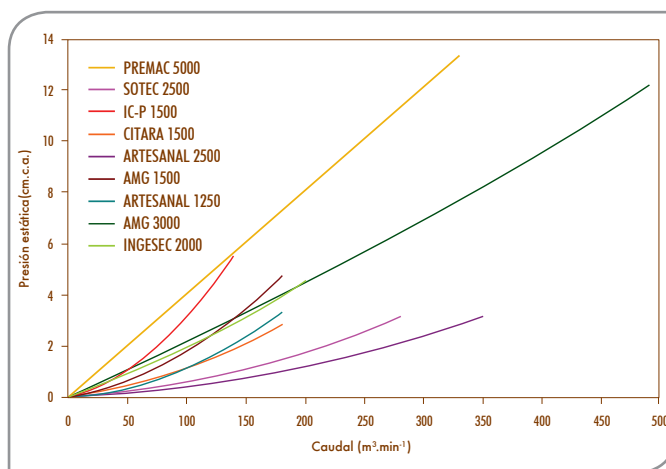


Figura 30.

Relaciones de caudal y caída de presión para algunos intercambiadores de calor utilizados en el secado del café en Colombia (Gutiérrez, 2008).

Combustible	Poder Calorífico		Fuente
	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{kJ} \cdot \text{m}^3$	
Cascarilla de café	17.936		Roa <i>et al.</i> (1999)
Tusa de maíz	20% humedad	15.195	CLAAR II <i>et al.</i> (1981)
	30% humedad	13.348	CLAAR II <i>et al.</i> (1981)
Carbón vegetal	27.450		CLAAR II <i>et al.</i> (1981)
Biogás		17.086	CLAAR II <i>et al.</i> (1981)
Propano	46.350		http://onsager.unex.es/Apuntes/Termo/Tablas-Tema-3.pdf
Leña - 20% de humedad	15.412		CLAAR II <i>et al.</i> (1981)

Tabla 4.

Poder calorífico de combustibles utilizados en el secado del café y de otros productos agrícolas.



Figura 31.

Intercambiadores de calor con alimentación mecánica del combustible utilizados en el secado del café. **a.** Utilizando cisco de café; **b.** y **c.** Con carbón mineral granulado.

Los primeros equipos construidos para el secado del café han recibido varias modificaciones, entre ellas, el cambio de la unidad para generar aire caliente, que inicialmente estaba diseñada para utilizar acpm o carbón coque. En algunos equipos también se ha reemplazado el ventilador por centrífugos, generalmente fabricados en talleres locales. Un alto porcentaje de estos equipos se construyen basados en modelos existentes o en conocimientos empíricos, por lo cual, generalmente no entregan el caudal de aire a la presión requerida, ni tampoco permiten el aprovechamiento eficiente del combustible y la energía entregada por el motor. Para el control de la temperatura del aire de secado se utilizan tecnologías simples, basadas en el apagado y encendido del alimentador de combustible al hogar del intercambiador de calor, o temporizadas, que permiten grandes variaciones con relación al valor deseado (50°C) hasta de 6°C, con efecto adverso sobre la calidad del café y el aprovechamiento eficiente de las energías suministradas (química y eléctrica) (Gutiérrez et al., 2012).

En años recientes se ha presentado un aumento en la oferta de equipos para el secado del café, con mejores ventiladores e intercambiadores de calor, y mejores materiales utilizados en su construcción; sin embargo, para el control de la temperatura del aire de secado se continúa utilizando las tecnologías mencionadas anteriormente, con ligeras variaciones en sus componentes.

En la Tabla 5 se presentan valores de consumo específico de combustible ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de c.p.s.) obtenidos en Cenicafé, con tres equipos fabricados en Colombia, utilizados en

el secado del café en las cosechas de mitaca y principal (Oliveros et al., 2009).

Consideraciones prácticas

El mejor aprovechamiento energético de un secador de café se logra utilizándolo al máximo de su capacidad estática. Generalmente, esta situación se presenta en los días de mayor flujo de la cosecha, mientras que en los días restantes puede utilizarse menos del 50% de la capacidad instalada, en estas últimas condiciones el ventilador entrega mayor caudal de aire, con mayor requerimiento de combustible para calentarlo hasta una temperatura media de 50°C. Adicionalmente, como lo indican Gutiérrez et al. (2012), el consumo de energía eléctrica (kW.h) también aumenta, alcanzado valores superiores al 50%, con relación al equipo al 100% de su capacidad. En Cenicafé se desarrolló tecnología que permite utilizar el secador con cualquier carga de café y obtener consumos específicos de energía (química y eléctrica) similares al equipo operado al 100% de su capacidad estática (González et al., 2012).

Combustible	Consumo (kg.@ ⁻¹ de c.p.s.)					
	Intercambiador I		Intercambiador II		Intercambiador III	
	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	C.V.
Carbón mineral granulado	3,83	22,83	2,8	23,81		
Cisco de café					4,4	26,4

Tabla 5.

Consumo específico de combustible en secado del café con tres equipos y dos tipos de combustible.

Los intercambiadores de calor son similares en: Las direcciones del flujo de aire y de los gases de combustión, opuestas; la alimentación del combustible, por medio de tornillo sinfín; y el control de la temperatura del aire de secado, mediante un termostato que activa el alimentador cuando está varios grados por debajo del valor medio esperado, hasta 5 °C, y lo desactiva cuando supera el valor esperado, hasta 5 °C (Figuras 32, 33 y 34).

Al utilizar combustibles en el secado del café se contamina el aire, principalmente por la producción de CO₂ y la emisión de partículas (Tabla 6). La mayor emisión de CO₂ se produce cuando se utiliza hulla (antracita) y la menor con gas propano. Sin embargo, con empleo de cascarilla de café se obtienen mejores resultados ambientales, por ser carbono neutral, debido a que la huella neta de carbono es igual a cero.

El cisco del café es una alternativa importante para el secado del café en Colombia, por su poder calorífico, facilidad de uso con las tecnologías actuales y relativo bajo costo, entre otros. Por cada 100 kg de c.p.s. se obtienen 18 kg de cisco (Montilla et al., 2008). Considerando una producción anual de café de 12 millones de sacos, cada año se producen en el país 158.049 t de cisco, suficientes para secar 449.000 t de c.p.s. (35,9 millones de arrobas por año).

También puede considerarse la leña del cafeto, es así como por cada hectárea renovada se producen 16 t de madera seca, en una plantación con densidad de 5.000 árboles/ha (Farfán, 1994), que generan la energía equivalente a la obtenida con 13.748 kg de cisco. Esta energía es la requerida en el secado de 3.120 @ de c.p.s., con la tecnología ofrecida actualmente.

Tabla 6.

Producción de CO₂ por empleo de diferentes combustibles en el secado del café (Gutiérrez, 2011).

Combustible	Poder calorífico (kJ.kg ⁻¹)	Emisión de CO ₂ (kg de CO ₂ /t de c.p.s.)
Cisco de café	17.936	188,86
GLP	46.350	158,26
Hulla (atracita)	33.440	1265,7

Consideraciones prácticas

En la estimación del costo de secado se debe tener en cuenta el valor de los equipos, el costo de mantenimiento, la vida útil, los costos del combustible y de la energía utilizada, y el costo de la mano de obra.

Control de caudal y temperatura de secado

Con el fin de disminuir el consumo de combustible y energía eléctrica durante el secado de cantidades menores a la nominal del secador, González et al. (2010) desarrollaron un sistema de control de temperatura y caudal de aire, que mantiene la temperatura en el valor seleccionado sin importar las condiciones ambientales y el caudal en el valor específico óptimo hallado por Parra et al. (2008) el cual es 100 m³.min-t⁻¹ de café pergamino seco. El sistema fue evaluado para el secado de semilla en la cual se utiliza una temperatura de 38 °C. En esas condiciones se obtuvieron reducciones en el consumo de combustible y energía eléctrica de 27,62% y 84,38%, respectivamente, cuando se utilizó una capa de 20 cm de espesor.

- Este sistema tiene impacto sobre la economía del negocio cafetero porque el costo de combustible y energía eléctrica permanece constante e igual al que se obtiene con la capacidad nominal cuando se secan capas menores.
- El dispositivo de control de caudal y temperatura también tiene impacto positivo sobre la calidad del café** porque para que el secado sea económicamente viable cuando no se tiene control de caudal, los caficultores se ven obligados a esperar tandas de café de varios días con el fin de completar la carga nominal. Sin embargo, esta práctica no es recomendable porque se causan daños irreversibles a la calidad de la bebida. Con el sistema de control se generan los mismos costos operativos con capas menores sin arriesgar la calidad.
- El uso del sistema de control de temperatura y caudal también tiene impacto ecológico positivo porque al disminuir el consumo de combustible se reducen también las emisiones de gases y partículas al ambiente.** El mejor uso de la energía eléctrica que ofrece este sistema tiene también su contribución en aspectos ambientales.



Figura 32.

Equipo I. **a.** Intercambiador de calor; **b.** Tolva y alimentador de combustible.

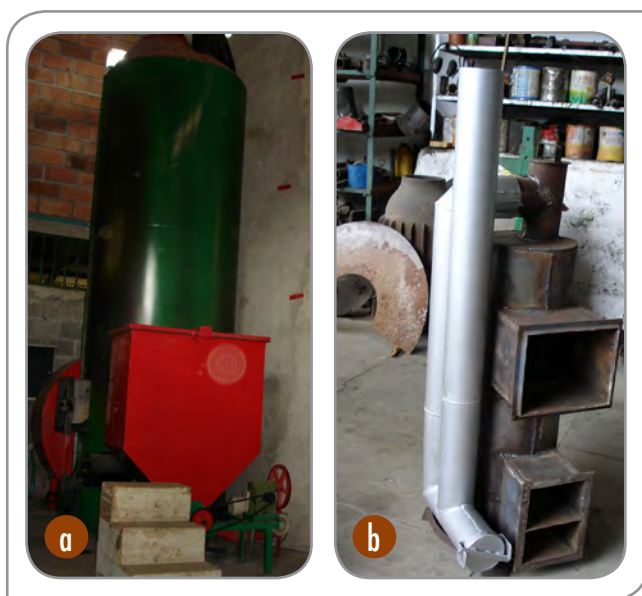


Figura 33.

Equipo II. **a.** Vista general; **b.** Vista interna.



Figura 34.

Equipo III.

Medición de la humedad del café en secadores de capa estática

Para decidir la finalización del proceso de secado del café se utilizan métodos empíricos basados en el color y la dureza de las almendras. Estos métodos, en general, no son confiables, tal como se observó en un estudio efectuado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Federacafé, 1984) con 623 muestras de café pergamino obtenidas en igual número de fincas. Se encontró que el 25% de ellas tenían menos del 10% de humedad y el 13% más del 12%, es decir, el 38% de ellas no presentaba el contenido de humedad final exigido en la comercialización, lo cual ocasiona pérdida en la calidad del café y afecta los ingresos del productor (Federacafé, 1984).

Al utilizar estos métodos generalmente el café se seca a niveles de humedad inferiores al 10%, incrementándose el gasto de energía (eléctrica y térmica) y de mano de obra, se afecta la calidad del café y disminuyen los ingresos del productor. En la Tabla 7 se presentan valores de pérdidas debidas a la reducción del contenido de humedad hasta valores del 8,0%.

Los equipos utilizados para medir la humedad de los granos se clasifican en directos e indirectos.

En los medidores directos se extrae el agua presente en los granos. En Cenicafé se desarrolló un equipo para medir la humedad del café durante el proceso de secado, basado en la evaporación y condensación del agua extraída a una

muestra depositada en un recipiente, cubierta con aceite vegetal y calentado hasta una temperatura de 193°C. El tiempo requerido para determinar la humedad de una muestra es de 20 min. En evaluación realizada en fincas de caficultores se observó precisión de 0,5% en el rango de humedad del 10,4% al 45,8%. Esta tecnología no ha sido utilizada por los caficultores colombianos principalmente por el tiempo requerido para determinar la humedad al café, por ser destructiva, se requiere de tres a cinco muestras de 100 gramos cada una, para determinar la finalización del proceso de secado, y por el relativo alto costo del equipo ofrecido por la industria nacional.

Humedad (%)	Pérdidas por cada 1.000 kg de café lavado
	kilogramos de café pergamino seco
10,0	5,9
9,5	8,8
9,0	11,6
8,5	14,4
8,0	17,5

Tabla 7.

Pérdidas por secado del café por debajo del 10% de humedad.

A partir de los excelentes resultados obtenidos con el método Gravimet en secado solar (Oliveros *et al.*, 2009) se diseñó un dispositivo para utilizarlo en un secador mecánico (Figura 35). El dispositivo consta de dos cilindros de PVC. El externo, de 10,16 cm de diámetro nominal (4") se coloca sobre la malla de la cámara de secado, en posición vertical (Figura 36); al cilindro interno se colocó una malla en un extremo, similar a la empleada en el silo, para retener los granos y permitir el paso del aire, en forma similar a la capa de café. En el cilindro interno se coloca una masa de café de igual altura que la capa de granos del secador, sin impurezas ni granos brocados. Para pesar el café se utiliza una balanza digital con rango de 0 a 5 kg y resolución de 1 g.

El método Gravimet SM fue evaluado inicialmente en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2010), y posteriormente, en fincas de caficultores (Oliveros y Pabón, 2012). En la evaluación en Cenicafé se consideraron cuatro alturas de capa de granos (10, 20, 30 y 40 cm), con 15 ensayos en cada una.

De cada lote de café seco se tomaron nueve muestras a diferente altura de la capa, para determinar la humedad utilizando el método estándar de la estufa (ISO 6673). En la Tabla 8 se presenta el promedio de la humedad obtenida para cada altura de capa con el método estándar de la estufa y la desviación estándar (D.E) correspondiente, y el promedio de la diferencia entre los valores de humedad obtenidos con el método de la estufa y con Gravimet S.M. (error absoluto).

La diferencia entre los contenidos de humedad obtenidos con el método Gravimet SM y la estufa (error absoluto) varió entre 0,6% y 0,8%, con error estándar de 0,11% a 0,15%, respectivamente. El análisis mostró que estos valores no son afectados por la altura de la capa y que las humedades del café obtenidas con el método Gravimet –SM y con el método estándar de la estufa (ISO 6673) son iguales. En 56 de los 60 ensayos realizados (93,3%) el café presentó humedad final en el rango de 10% a 12% (Oliveros *et al.*, 2012).

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se adelantó una etapa de validación en fincas, en las cuales el método fue utilizado por las personas encargadas del manejo de los secadores. Inicialmente, se capacitaron los operarios, se entregó un equipo completo (Figura 36), un instructivo en el cual se detallaron los pasos a seguir para utilizar el método Gravimet SM (Anexo 15. Procedimiento Gravimet secado mecánico) y una tabla, en la cual para un determinado peso inicial del café en el receptor, se presenta el peso seco al que debe llegar la muestra de café para que su humedad esté en el 11% (Tabla 9). En la Tabla 10 se presentan los tipos de secadores y altura de capa de café utilizadas en la etapa de validación en algunas fincas.

El promedio del contenido de humedad de los 72 lotes de café secados utilizando Gravimet SM, medidos en el sitio de compra, fue 11,3%, muy cercano al esperado (11,0%), la mediana fue 11,5%. Los valores mínimo y máximo, con un 95% de confianza, fueron 11,2% y 11,5%, respectivamente.

En la etapa de campo se observó que la mayor parte de los equipos de secado presentan deficiencias en el suministro de aire (caudal y presión) y en las tecnologías empleadas para calentar y para controlar la temperatura del aire de

Altura de capa (cm)	Humedad		Error absoluto	
	Promedio (%)	D.E. (%)	Promedio (%)	D.E. (%)
10	10,7	0,5	0,6	0,5
20	11,0	0,5	0,7	0,3
30	10,6	0,7	0,7	0,6
40	10,8	0,7	0,8	0,5

Tabla 8.

Promedios de los porcentajes de humedad y errores absolutos para diferentes alturas de capa de café, al utilizar el método Gravimet SM durante el secado en silo.
D.E.: Desviación estándar



Figura 35.

a. Ubicación del porta-receptor en la malla de la cámara de secado; **b.** Ubicación del receptor de granos.

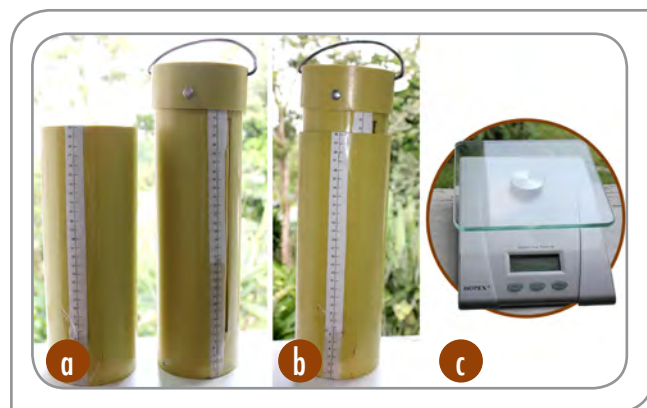


Figura 36.

Componentes del método Gravimet-SM. **a.** Cilindro externo o porta receptor y cilindro interno receptor de granos; **b.** Cilindros en posición de trabajo; **c.** Balanza digital.

secado. Todavía se utilizan hornillas para quemar coque en combustión directa. Gran parte de estas deficiencias son generadas por los ventiladores utilizados, generalmente contruidos en talleres locales, sin las especificaciones técnicas de diseño y operación, que aseguren la entrega del aire requerido para el secado del café.

Otras deficiencias también son ocasionadas al reemplazar los equipos empleados para calentar el aire, utilizando coque y acpm, entre otros, por unidades para quemar carbón mineral y cisco de café, debido al incremento en la resistencia al paso del aire que se ocasiona con estos nuevos equipos, que puede ser superior a la ofrecida por el café.

También se observó el empleo de malas prácticas en el secado, como mezclas de café con diferentes contenidos de humedad inicial, capas de granos de mayor altura a las de diseño (más de 40 cm) e inadecuada construcción de los cuartos de secado, que contribuyen a incrementar la desuniformidad en el contenido de humedad final del café.

Consideraciones prácticas

Los resultados obtenidos con el método Gravimet SM en las etapas de evaluación en Cenicafé, y validación en fincas de caficultores, indican que éste es útil para medir la humedad del café durante el proceso de secado en los secadores utilizados y para definir el momento de finalizarlo para obtener café en el rango del 10% al 12%. Los mejores resultados se obtienen cuando se utiliza en secadores que disponen del caudal de aire recomendado para café, con cualquier altura de capa, $100 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s. (Parra et al., 2008), con tecnología apropiada para el control de la temperatura de secado, que para café debe ser $50 \pm 2^\circ \text{C}$, y cuando se aplican buenas prácticas en el proceso de secado.

Secado combinado

En fincas que utilizan secado mecánico, con frecuencia disponen también de secadores solares que emplean para orear el café, especialmente en los días de menor flujo de cosecha, disminuyendo su contenido de humedad a valores entre 30% y 40%. Luego, el café es llevado al secador, obteniendo excelentes resultados como: Menor tiempo

de secado, ahorro de combustible y energía eléctrica y, principalmente, un producto con mayor uniformidad de contenido de humedad.

En la Tabla 11 se presentan resultados obtenidos en Cenicafé para el secado combinado (Oliveros et al., 2009),

utilizando un secador tipo túnel solar y un silo de tres cámaras, con capacidad estática de 93,8 kg de c.p.s. (7,5 @ de c.p.s.). Cuando la humedad del café al final del presecado solar está en el rango del 30% al 45%, el tiempo de secado en el silo varía entre 8 y 12 h, por lo cual el café debe ser trasladado de una cámara a otra entre 2,7 h y 4,0 h.

Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
500	264	810	428	1.120	591	1.430	755	1.740	919	2.050	1.083	2.360	1.246
505	267	820	433	1.130	597	1.440	760	1.750	924	2.060	1.088	2.370	1.252
510	269	830	438	1.140	602	1.450	766	1.760	929	2.070	1.093	2.380	1.257
520	275	840	444	1.150	607	1.460	771	1.770	935	2.080	1.098	2.390	1.262
530	280	850	449	1.160	613	1.470	776	1.780	940	2.090	1.104	2.400	1.267
540	285	860	454	1.170	618	1.480	782	1.790	945	2.100	1.109	2.410	1.273
550	290	870	459	1.180	623	1.490	787	1.800	951	2.110	1.114	2.420	1.278
560	296	880	465	1.190	628	1.500	792	1.810	956	2.120	1.120	2.430	1.283
570	301	890	470	1.200	634	1.510	797	1.820	961	2.130	1.125	2.440	1.289
580	306	900	475	1.210	639	1.520	803	1.830	966	2.140	1.130	2.450	1.294
590	312	910	481	1.220	644	1.530	808	1.840	972	2.150	1.135	2.460	1.299
600	317	920	486	1.230	650	1.540	813	1.850	977	2.160	1.141	2.470	1.304
610	322	930	491	1.240	655	1.550	819	1.860	982	2.170	1.146	2.480	1.310
620	327	940	496	1.250	660	1.560	824	1.870	988	2.180	1.151	2.490	1.315
630	333	950	502	1.260	665	1.570	829	1.880	993	2.190	1.157	2.500	1.320
640	338	960	507	1.270	671	1.580	834	1.890	998	2.200	1.162	2.510	1.326
650	343	970	512	1.280	676	1.590	840	1.900	1.003	2.210	1.167	2.520	1.331
660	349	980	518	1.290	681	1.600	845	1.910	1.009	2.220	1.172	2.530	1.336
670	354	990	523	1.300	687	1.610	850	1.920	1.014	2.230	1.178	2.540	1.341
680	359	1.000	528	1.310	692	1.620	856	1.930	1.019	2.240	1.183	2.550	1.347
690	364	1.010	533	1.320	697	1.630	861	1.940	1.024	2.250	1.188	2.560	1.352
700	370	1.020	539	1.330	702	1.640	866	1.950	1.030	2.260	1.193	2.570	1.357
710	375	1.030	544	1.340	708	1.650	871	1.960	1.035	2.270	1.199	2.580	1.362
720	380	1.040	549	1.350	713	1.660	877	1.970	1.040	2.280	1.204	2.590	1.368
730	386	1.050	554	1.360	718	1.670	882	1.980	1.046	2.290	1.209	2.600	1.373
740	391	1.060	560	1.370	723	1.680	887	1.990	1.051	2.300	1.215	2.610	1.378
750	396	1.070	565	1.380	729	1.690	892	2.000	1.056	2.310	1.220	2.620	1.384
760	401	1.080	570	1.390	734	1.700	898	2.010	1.061	2.320	1.225	2.630	1.389
780	412	1.090	576	1.400	739	1.710	903	2.020	1.067	2.330	1.230	2.640	1.394
790	417	1.100	581	1.410	745	1.720	908	2.030	1.072	2.340	1.236	2.650	1.399
800	422	1.110	586	1.420	750	1.730	914	2.040	1.077	2.350	1.241	2.660	1.405

Tabla 9.

Peso inicial y final del café en el receptor, en gramos, para alcanzar humedad del 11%.

Finca	Tipo de secador	Capacidad nominal	Altura de la capa de café
		(kg de café seco)	(cm)
1	Capa estática (tipo Cenicafé)	2.250	42
2	Capa estática (tipo Cenicafé)	3.000	27
3	Con volteo de capa	88	34
4	Con volteo de capa	125	35
5	Con volteo de capa	125	25
6	Capa estática (tipo Cenicafé)	563	22
7	Con volteo de capa	94	24
8	Capa estática (tipo Cenicafé)	1.750	23
9	Capa estática (tipo Cenicafé)	563	23
10	Con volteo de capa	125	17
11	Capa estática (tipo Cenicafé)	563	20
12	Capa estática (tipo Cenicafé)	563	29
13	Capa estática (tipo Cenicafé)	563	29
14	Con volteo de capa	188	22
15	Capa estática (tipo Cenicafé)	1.250	28

Tabla 10.

Secadores utilizados en la validación del método Gravimet SM.

Tabla 11.

Resultados del secado combinado del café, utilizando un secador tipo túnel solar y un silo de tres cámaras, con capacidad estática para 93,8 kg de c.p.s. (7,5 @).

Ensayo	Lote	Secado Solar			Secado en Silo				
		Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Tiempo (días)	Tiempo secado (h)	Humedad final (%)		Consumo combustible (kg.@ ⁻¹ de c.p.s.)	Reducción tiempo secado (%)
						Media (%)	C.V. (%)		
1	1	53	31,4	1	7,5	10,8	2,18	2,1	58,3
	2	53	31,4	2	8,0	10,7	2,18	2,1	55,6
	3	53	21,0	2	6,0	10,6	1,32	2,1	66,7
2	1	53	48,4	1	14,0	10,3	0,88	2,8	22,4
	2	53	44,7	2	13,0	11,9	1,18	2,8	27,8
	3	53	39,3	2	12,0	11,3	1,18	2,8	33,3

Recomendaciones prácticas

Para obtener mejores resultados en el secado solar del café se aconseja tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Lleve al secador café bien lavado, limpio y bien escurrido, dejándolo al menos una hora en el tanque al finalizar el lavado.
- Deposite el café sobre el piso del secador aprovechando al máximo el área de secado disponible, para permitir su oreado rápido. Al día siguiente recoja el café formando una capa de máximo 2 cm de altura.
- Evite el contacto del café con la lluvia. Ante la inminencia de éstas, cierre parcialmente las compuertas, permitiendo la circulación de aire a través del secador. Si dispone de ventilador extractor, puede cerrar un poco más las compuertas, aunque no totalmente.
- Revuelva el café diariamente, por lo menos cuatro veces, procurando hacerlo en direcciones diferentes. Realice esta labor con cuidado, para evitar daños en la cubierta plástica. No pise el café ni permita que animales de la finca lo hagan.
- Evite la mezcla de lotes de café de diferentes días. Utilice un listón de madera para separar el café de cada día.
- Si necesita retirar el café del secador durante la noche para dejarlo en el interior de la casa, por seguridad especialmente, colóquelo en un lugar limpio, sobre estibas de madera, donde no se guarden otros productos que puedan contaminar al café.
- Utilice el método Gravimet para determinar el momento para detener el secado. Si el café presenta menos del 20%, pese la muestra dos veces al día, al medio día y al finalizar el día, y relaciónelo con la humedad del café. Si de acuerdo con el método, el café está entre el 10% y el 12% de humedad, tome una muestra, tríllela y observe el color de las almendras para verificar que esté con la humedad deseada.
- Cuando el café esté con la humedad deseada retírelo del secador y déjelo enfriar en un lugar protegido de las lluvias, antes de empacarlo.
- Para empacar el café utilice sacos limpios, en buen estado y que no hayan contenido previamente alguna clase de agroquímico, para evitar la contaminación del café.
- Almacene el café en un lugar limpio, sobre estibas, libre de humedad, donde sólo se tenga café.
- Por las condiciones climáticas del lugar donde se almacene el café en la finca, el producto puede ganar humedad ocasionando problemas en la venta. Para evitar que esto suceda, lleve el café al sitio de compra lo antes posible.
- Mantenga limpia la cubierta plástica del secador. Utilice un paño suave, solamente con agua limpia, no use detergentes porque acortan la vida útil del plástico.

Para obtener mejores resultados con los secadores mecánicos de café se recomienda tener en cuenta:

- La capacidad de secado a instalar en la finca se determina considerando la producción en el día de mayor flujo de cosecha o día “pico” y la posibilidad de utilizar el secado solar, para arear el café.
- Al seleccionar la tecnología más apropiada se debe analizar la oferta existente, el costo y el servicio de postventa. También la disponibilidad de energía eléctrica en la finca y de combustible en la región y su costo.
- Con el equipo seleccionado se debe lograr que al utilizarlo al 100% de su capacidad, el caudal específico de aire de secado sea de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s. $\pm 10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ de c.p.s. La temperatura del aire de secado siempre debe ser de 50°C con variaciones máximas respecto a este valor de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- La calidad de los materiales y la manufactura del equipo se deben tener en cuenta al momento de seleccionarlo. Con materiales adecuados, la cámara de combustión del equipo puede durar al menos 6 años sin presentar fisuras o grietas, que permitan el paso de gases al café y su posterior contaminación.
- Con secadores de tres cámaras de secado, con volteo manual o agitación mecánica de las capas, se obtiene café con uniformidad aceptable para las condiciones colombianas.
- Desde el punto de vista económico y ambiental, es más conveniente utilizar el cisco o cascarilla del café que otras opciones como carbón mineral.
- No se debe depositar más café en los secadores que el máximo establecido por el fabricante, ya que afecta el funcionamiento del equipo ocasionando mayores tiempos de secado y mayor desuniformidad de la humedad del café seco.
- Siempre que sea posible se debe utilizar el secado solar para arear el café y llevarlo luego al secador o para secarlo hasta la humedad del 10% al 12%. Cuando se seque café solamente en el silo, se debe dejar escurrir en el tanque el mayor tiempo que sea posible, 1 a 2 h, para retirar gran parte del agua adherida a su superficie.
- Para obtener café con la humedad del 10% al 12%, puede utilizar el método Gravimet SM, siguiendo las recomendaciones para su aplicación. Los mejores resultados se obtienen en secadores con adecuado suministro de aire de secado y buen control de la temperatura.

Literatura citada

- ARCHILA G., M. Análisis bacteriológico de aguas residuales de beneficio de café. Bogotá : Universidad de los Andes. Facultad de Microbiología, 1985. 40 p. Tesis: Microbióloga.
- BORÉM M., F.; RODRÍGUEZ R., C.H. Secagem do café. p. 214-215. En: Borém M., F.;Rodríguez R., C.H.; Tavares Andrade., E. Pós-colehlta do café. Lavras : Universidade Federal de Lavras, 2008. 631 p.
- CLAAR II., P.W.; BUCHELE, W.F. Crop: Residue fired furnace for drying grain. Michigan : ASAE, 1981. 450 p.
- FARFÁN V., F. El zoqueo del café conserva el bosque nativo. Chinchiná : CENICAFÉ, 1994. 4 p. (Avances Técnicos No. 209).
- FEDERACAFÉ. Análisis de la encuesta sobre beneficio y calidades de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1984. 160 p.
- FEDERACAFÉ. Análisis de la encuesta sobre beneficio y calidades de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1984. 160 p.
- GONZÁLEZ S., C.A. Control de temperatura y caudal de aire para la optimización del secado mecánico del café. Cali: Universidad del Valle. Escuela de ingeniería mecánica, 2008. 86 p. Tesis: Ingeniero mecánico.
- GONZÁLEZ S., C.A.; SANZ U., J.R. Control de caudal y temperatura de aire en el secado mecánico de café. Cenicafé 61(4):281-296. 2010.
- GUTIÉRREZ F., J.M. Desarrollo de un secador mecánico de café con empleo de alcohol carburante obtenido del proceso de beneficio húmedo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 44 p.
- GUTIÉRREZ F., J.M. Metodología para la construcción de ventiladores centrífugos para secado mecánico de café en talleres rurales. Pereira : Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería mecánica, 2008. 122 p. Tesis: Ingeniero mecánico.
- GUTIÉRREZ F., J.M.; SANZ U., J.R. Ventiladores para secadores de café: Diagnóstico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 56 p.
- HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. Agricultural process engineering. Connecticut : The AVI publishing, 1976. 442 p.
- IDEAM. Atlas de radiación solar de Colombia. [En línea]. Bogotá : IDEAM, (s.f.). Disponible en internet: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019649/1-Preliminares.pdf> Consultado el 17 de enero de 2013.
- IDEAM. Atlas de radiación solar de Colombia. [En línea]. Bogotá : IDEAM, (s.f.). Disponible en internet: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019649/1-Preliminares.pdf> Consultado el 17 de enero de 2013.
- IDEAM. Mapas de brillo solar. [En línea]. Bogotá : IDEAM, (s.f.). Disponible en internet: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019649/3-BrilloSolar.pdf>. Consultado el 17 de enero de 2013.
- JARAMILLO R., A. Clima andino y café en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 192 p.
- JARAMILLO R., A.; ARCILA P., J. Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de La Niña y su efecto en la caficultura. Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 389).
- MONTILLA P., J.; ARCILA P., J. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. Cenicafé 59(2):120-142. 2008.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Evaluación de dos cubiertas plásticas en el secador solar del café. p. 30-47. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2003 - 2004. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 47 p.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Medidor rústico para café pergamino (CENICAFÉ-MH-2). Cenicafé 40(2):40-53. 1989.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Método para el monitoreo de la humedad del café en secadores solares. p. 29-32. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades 2000 - 2001. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. 32 p.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Pérdidas de presión por el paso del aire a través de café pergamino variedad Caturra, dispuesto a granel. Cenicafé 37(1):23-39. 1986.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G.; LÓPEZ P., U. Nuevos rastrillos para revolver café en proceso de secado al sol. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 4 p. (Avances Técnicos No. 346).
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G.; LÓPEZ V., L. Determinación del contenido de humedad del café durante el secado en silos. Cenicafé 61(2):108-118. 2010.
- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G.; PABÓN U., J.P. Validación en fincas de una metodología para la medición de la humedad del café durante el secado mecánico : Gravimet SM IPA. Chinchiná : CENICAFÉ, 2013. 27 p.

- OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G.; PEÑUELA M., A.E. *Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método GRAVIMET.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 387).
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. *Secador Parabólico Mejorado.* Chinchiná: CENICAFÉ, 2008, 8p. (Avances Técnicos No. 376)
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. *Secador solar de túnel para cafépergamino.* Chinchiná: CENICAFÉ, 2006, 8p. (Avances Técnicos No. 353)
- PARDO, E.; RAMOS, A.J.; SANCHIS, V.; MARÍN, S. *Modelling of effects of water activity and temperature on germination and growth of ochratoxigenic isolates of Aspergillus ochraceus on a green coffee-based medium.* *International journal of food microbiology* 98:1-9. 2005.
- PARRA C., A.; ROA M., G. *SECAFÉ: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino.* *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental* 12(4):428-434. 2008.
- PUERTA Q., G.I. *Quality and safety of coffee processed by the wet method and dried in solar dryers.* Salvador [Brasil]: *Workshop improvement of coffee quality through prevention of mould growth*, 2005. 1 p.
- RAMÍREZ, C.A.; OLIVEROS T., C.E. *Construya el secador solar parabólico.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 305).
- ROA M., G. *Beneficio ecológico del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 300 p.
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E. *Beneficio ecológico del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 300 p.
- SUÁREZ Q., M.L.; GONZÁLEZ, R.O.; BAREL, M.; GUYOT, B.; SCHORR G.S.; GUIRAUD, J.P. *Effect of chemical and environmental factors on Aspergillus ochraceus growth and toxigenesis in green coffee.* *Food microbiology* 21:629-634. 2004.
- TREJOS R., R.; ROA M., G. *Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización del café pergamino y del café verde.* *Cenicafé* 40(1):5-15. 1989.
- URBANO, G.R.; TANIWAKI, M.H. *Productions of ochratoxin A in green coffee: Influence of water activity and temperature.* Guaruja [Brasil] : *International iupac symposium on mycotoxins and phycotoxins*, 2000. 200 p.

Calidad del café

Gloria Inés Puerta Quintero

La calidad del café comprende las características del grano y de la bebida que conforman las especificaciones del producto para su comercialización y la satisfacción de los consumidores. La bebida de café es apreciada por el consumidor por su aroma, sabor y por su efecto estimulante.

El café de Colombia es reconocido mundialmente por su buena calidad, por lo cual se vende a un mayor precio. Esta calidad depende de los cuidados y prácticas que siguen los caficultores, recolectores, procesadores, comercializadores, tostadores y consumidores, en los diferentes procesos, a través de las etapas de la cadena productiva del café.

En este capítulo se describen las características del grano y de la bebida de café de buena calidad, los métodos para su evaluación organoléptica, como la catación, los defectos, sus causas y riesgos; también se presentan los compuestos químicos del grano y de la bebida, que integran los sabores y aromas de la bebida. Como contenido central se analizan las relaciones e influencia en la calidad y la composición química del café de varios factores como la especie, la variedad, la altitud, los suelos, la madurez y sanidad del fruto, los tipos de beneficio, la fermentación, el lavado, el secado, el almacenamiento, la tostación y la preparación.



Conceptos Generales

Características del café de buena calidad



El café de buena calidad es al mismo tiempo sano e inocuo, sus cualidades organolépticas son balanceadas y agradables, la composición química es natural, y además, no contiene sustancias contaminantes, ni adulterantes.

Inocuidad

Indica que tanto los frutos de café, como los granos en pergamino y en almendra no contienen sustancias químicas tóxicas o microorganismos, en niveles que causen daño a la salud de las personas, al preparar o consumir la bebida.

La inocuidad del café se pierde por el contacto del grano o de la bebida durante su procesamiento o almacenamiento con sustancias contaminantes como insecticidas, combustibles, micotoxinas o aguas sucias. Además, estas contaminaciones originan defectos en el grano y en la bebida de café, como mohoso, tierra, químico y ahumado (Puerta, 2003a; Puerta, 2003b; Puerta, 2006b).

Calidad física

El fruto de café de buena calidad es sano y maduro; el grano pergamino tiene apariencia homogénea, olor fresco característico a café, color amarillo claro y una humedad entre el 10% y el 12%. El café en almendra bueno tiene apariencia homogénea y sana, olor fresco, color verde-azulado, humedad entre el 10% y el 12%; su tamaño varía según la variedad y se mide en mallas de 12/64 a 18/64 de pulgada. Los granos caracoles son más pequeños y si están sanos presentan buena calidad.

Durante la trilla y limpieza del grano se mide la **merma**, que corresponde al peso del pergamino que se separa de la almendra en la trilla, su valor depende de la variedad, la humedad y las impurezas del grano, se expresa en porcentaje y varía del 17% al 20%, en promedio. Con el **factor de rendimiento en trilla** se valoró la calidad del café vendido por el productor en las Cooperativas, hasta el año

2009. Con este factor se estimaba la cantidad de granos de café pergamino sin defectos y de tamaño superior a 14/64 de pulgada, para conformar un saco de 70 kg de café en almendra (FNC, 2004). **El valor mínimo del factor de rendimiento en trilla variaba de 82 a 83 (muy buena calidad del grano)**; a mayor valor del factor de rendimiento menor calidad del grano de café, debido principalmente a la mayor cantidad de defectos, la variedad y el tamaño de grano también influían en este factor. Cafés con factores de rendimiento inferiores a 92,8 recibieron una bonificación proporcionalmente a la calidad del producto.

Actualmente, en las Cooperativas de todo el país se incentiva al caficultor por la calidad del café vendido, cuando más del 75% de la almendra está sana (FNC, 2013).

Calidad de la bebida

La calidad de la bebida de café está conformada por varias características organolépticas que son el aroma, la acidez, el amargo, el cuerpo, el dulzor, el sabor y la impresión global.

Una taza de café de buena calidad es suave, limpia, tiene acidez agradable, amargo moderado y aromas intensos tostados, dulces, herbales o a frutas. Los aromas y sabores a vinagre, *stinker* (hediondo), fenólico, terroso, químico, ahumado, reposo, acre y carbonoso, son defectos graves de la bebida de café, que indican deterioro o contaminación.

Aromas. La fragancia es el olor del café tostado y molido. Con agua se denomina aroma de la bebida. Las intensidades y tipos de aromas indican la calidad y frescura del café y permite identificar las condiciones en que se realizaron los procesos de manejo de plagas, beneficio, almacenamiento y preparación. El café de Colombia de buena calidad tiene aromas intensos y agradables que están compuestos por cientos de sustancias volátiles. Estas sustancias juntas producen las diferentes descripciones y categorías del aroma del café, como: tostados, dulces, caramelo, chocolate, herbal, floral, leguminoso, cereal, especias.

Acidez. Es la característica organoléptica que se destaca en los ácidos como el cítrico de las frutas cítricas. Esta sensación es esperada en el café Arábica que es beneficiado por la vía húmeda y también es muy apreciada en el café de Colombia. La intensidad de la acidez se puede modificar mediante la fermentación y la tostación. La acidez se torna indeseable cuando es agria, picante, acre, astringente o ausente, derivada de inadecuadas prácticas de cosecha y en el beneficio del café. La bebida de café con defecto fermento presenta una acidez alta y agria. En el café Robusta se espera una acidez más neutra o baja.

Amargor. Es una característica natural de la bebida, otorgada por la cafeína, la trigonelina, los compuestos fenólicos, los ácidos clorogénicos, las melanoidinas y otros compuestos. Su intensidad depende del grado de tostación y de las cantidades de café y formas de preparar la bebida.

Cuerpo. Es una sensación táctil que se siente en la lengua como una mayor o menor concentración, debido a los sólidos solubles de la bebida de café. Los solubles del café dependen de la composición química del grano, de la especie del tipo de beneficio, del grado de tostación y tamaño de la molienda, de la preparación de la bebida, como el tiempo de contacto entre el café y el agua, la temperatura y calidad del agua y el tipo de preparación.

Dulzor. Es una cualidad que da suavidad a los cafés Arábica, está conformada por sustancias dulces como los azúcares. Los cafés Robusta son menos dulces.

Sabor. Es la integración de las sensaciones percibidas por los diferentes sentidos al probar una bebida de café, comprende las sensaciones gustativas de dulzor, acidez y amargor, además, las sensaciones olfativas y las del sentido del tacto en la lengua como la astringencia, el cuerpo y las sensaciones de calor y frío. El sabor residual se refiere a la sensación que permanece en la boca, después de probar y escupir la porción sorbida de la bebida; así, puede perdurar una sensación limpia y agradable con sabores dulces o frutales, o también sucia, pesada, desagradable, agria, áspera, picante.

Impresión global. Se refiere a la calificación general y a la clasificación de una bebida de café según su calidad, está relacionada con las calificaciones dadas a los aromas, cuerpo, amargo, acidez, dulzor y el sabor.

Composición química del grano de café

Los granos de *Coffea arabica* L. contienen más cantidad de lípidos y de sacarosa que *Coffea canephora* (Robusta), mientras que Robusta tiene mayor contenido de polisacáridos, cafeína, ácidos clorogénicos y cenizas (Tabla 1). Por su parte, las variedades de café Caturra, Colombia y Típica en almendra y tostado, presentan contenidos químicos en el rango de los Arábica (Tabla 2).

Compuestos químicos del grano de café almendra

Agua. Para contenidos de agua del grano de café entre 10% y 12% se conserva su calidad y se desarrollan adecuadamente las reacciones en la tostación.

Componente químico	Arábica %	Robusta %
Polisacáridos	50,8	56,4
Sacarosa	8,0	4,0
Azúcares reductores	0,1	0,4
Proteínas	9,8	9,5
Aminoácidos	0,5	0,8
Cafeína	1,2	2,2
Trigonelina	1,0	0,7
Lípidos	16,2	10,0
Ácidos alifáticos	1,1	1,2
Ácidos clorogénicos	6,9	10,4
Minerales	4,2	4,4
Compuestos aromáticos	Trazas	Trazas

Tabla 1.

Promedios de la composición química del grano de café almendra, según la especie, porcentaje en base seca (Fuente: Clarke y Vitzhum, 2001; Illy y Viani, 2005).

Tabla 2.

Promedios de la composición química del grano de café en almendra y tostado de las variedades cultivadas en Colombia, porcentaje en base seca (Fuente: Puerta, 2011).

Compuesto químico	Proteína		Lípidos		Fibra		Cafeína		Ácidos clorogénicos	Cenizas	
	Almendra	Tostado	Almendra	Tostado	Almendra	Tostado	Almendra	Tostado		Almendra	Tostado
Caturra	14,79	13,8	13,98	12,09	18,85	21,71	1,13	1,27	6,97	3,39	3,95
Colombia fruto amarillo	14,45	13,77	13,07	11,70	18,45	20,96	1,16	1,28	7,55	3,49	3,84
Colombia fruto rojo	13,92	13,84	14,27	11,18	16,69	21,54	1,19	1,39	7,42	3,52	3,88
Típica	14,50	13,96	13,99	12,78	18,71	21,08	1,20	1,29	6,66	3,43	3,76

Carbohidratos. Los polisacáridos del grano de café están compuestos de 50% de galactomanano, 30% de arabinogalactano, 15% de celulosa y 5% de sustancias pécticas. Los granos de café maduros y sanos contienen más sacarosa que los inmaduros y defectuosos.

Lípidos. Arábica contiene menos ácidos grasos libres que Robusta, y en los granos almacenados hay más que en los frescos. Los triglicéridos del café conforman el 75% de los lípidos y contienen principalmente ácidos linoleico y palmítico. La materia insaponificable constituye del 20% al 25%, y los esteroides el 2% de los lípidos del café; en los diterpenos predomina el ácido palmítico.

Nitrógeno. Conforman las proteínas y los alcaloides del grano de café. El café almendra contiene entre 1,30% y 3,23% del peso seco del grano (Promedio 2,05%) y el café tostado de 1,51% a 2,14%, (Promedio 2,10%).

Proteínas. Arábica y Robusta contienen cantidades similares de proteínas. El contenido de aminoácidos es mayor en los granos de café maduros que inmaduros, en Robusta que en Arábica, y también en los granos almacenados que frescos. Las mismas enzimas del café almendra pueden catalizar las degradaciones de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos clorogénicos del grano, durante su almacenamiento.

Alcaloides. Contribuyen al sabor amargo del café. Robusta contiene más cafeína (2,1%) que Arábica (1,3%); así como mayor contenido de paraxantina, teobromina y teofilina, mientras que Arábica contiene más cantidad de trigonelina (0,6% a 1,3%) que Robusta.

Ácidos clorogénicos. Corresponden a varios ácidos fenólicos hidroxicinámicos, como el quínico, cinámico,

sinápico, cumárico, ferúlico, cafeico, clorogénico o cafeoilquínico (CQA), que es el más abundante en el café y que también se encuentra en arándanos y manzanas, y los dicafeoilquínicos (di-CQA) de la alcachofa, la achicoria y los girasoles.

Los granos de café almendra contienen más de 40 ácidos clorogénicos, los principales son ésteres del ácido quínico como CQA, di-CQA y FQA. El café Robusta tiene mayor cantidad de ácidos clorogénicos que Arábica. En general, los granos de café inmaduros contienen más di-CQA que los maduros, y los granos sanos mayor cantidad de ácidos clorogénicos. Los CQA constituyen el 95% de los ácidos clorogénicos del grano de café almendra Arábica, el 5-CQA es el más abundante. El promedio del contenido de ácidos clorogénicos del café maduro Arábica de Colombia varía entre 5,24% a 7,61% y difiere de Robusta que varía entre 7,45% y 10,59% (Figura 1).

Ácidos alifáticos. Los ácidos carboxílicos más abundantes del café almendra son el cítrico y málico, seguidos del ácido fosfórico y otros 35 ácidos (Tabla 3). Los ácidos presentan diferentes sabores como agrio, picante, refrescante.

Ácido	Arábica %	Robusta %
Cítrico	1,16 a 1,38	0,67 a 1,00
Málico	0,46 a 0,67	0,25 a 0,38
Fosfórico	0,11 a 0,11	0,14 a 0,22
Oxálico	Trazas a 0,2	Trazas a 0,2
Succínico	Trazas a 0,15	0,05 a 0,35
Fórmico	Trazas a 0,14	Trazas a 0,39
Acético	Trazas	Trazas a 0,2

Tabla 3.

Contenido de ácidos en granos de café almendra, según la especie, porcentaje en base seca (Fuente: Kampmann y Maier, 1982; Van der Stegen y Duijin, 1987, citados por Puerta, 2011).

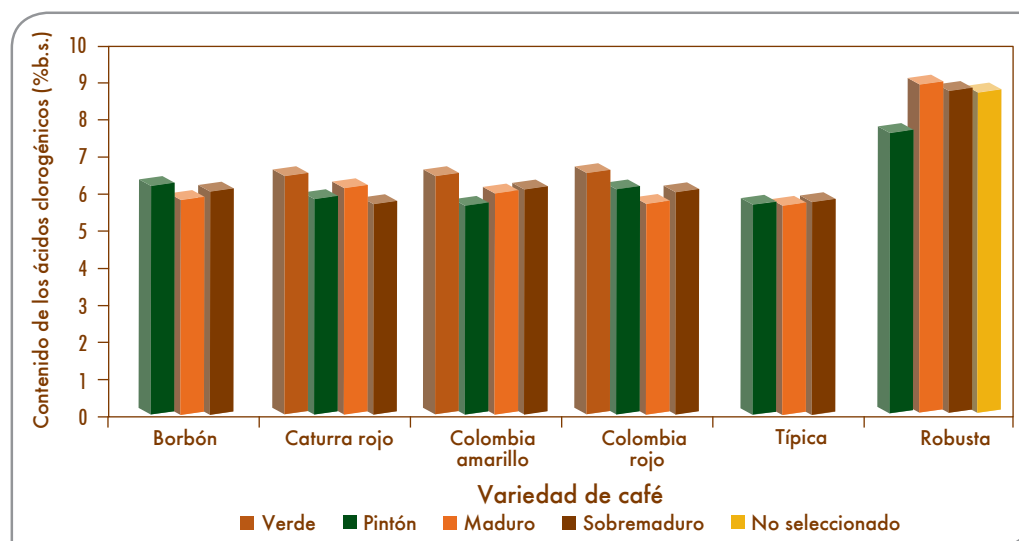


Figura 1.

Contenidos de ácidos clorogénicos totales en café almendra, según la variedad y la madurez. (Fuente: Marín y Puerta, 2008).

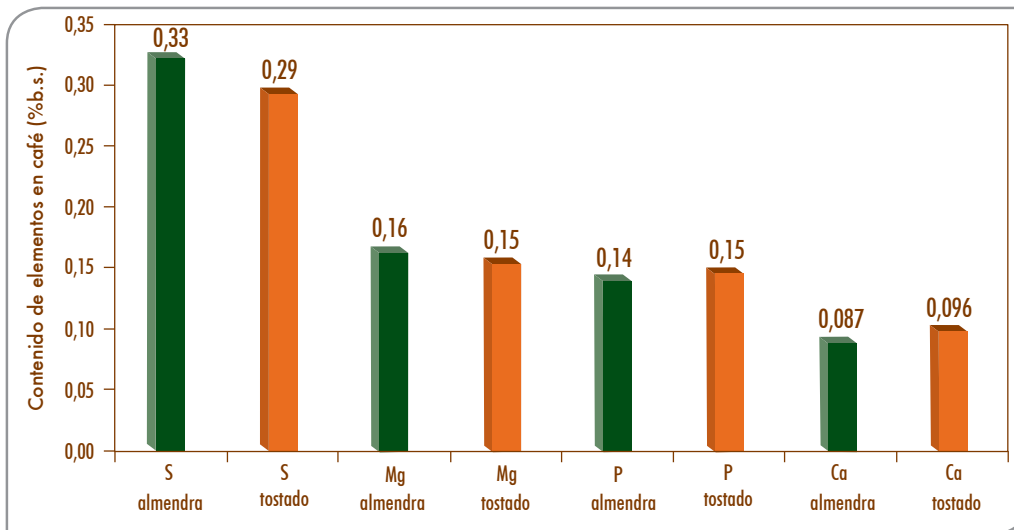


Figura 2.

Contenido de azufre, magnesio, fósforo y calcio en los granos de café almendra y tostado de Colombia (Fuente: Puerta et al., 2010).

Cenizas. Robusta contiene mayor cantidad de cenizas que Arábica; así mismo, el café de beneficio húmedo menos que el de la vía seca (secado directo de los frutos). Así, los granos de café Arábica verdes contienen de 3,36% a 5,73% de cenizas (Promedio 4,13%) y el tostado entre 3,05% y 5,25% (Promedio 4,36%). Las cenizas del café contienen entre 40% y 45% de K, 7,9% de S, 3,9% de Mg, 3,4% de P y 2,1% de Ca. El contenido de azufre del grano de café disminuye durante la tostación por la formación de los compuestos volátiles azufrados (Figura 2).

Compuestos volátiles. El aroma del grano de café almendra está conformado por unos 300 compuestos, la mayoría piridinas, furanos, aminas, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos y varios compuestos azufrados. Estas sustancias dan los diversos olores a verde, hierbas, tierra, dulce, arveja, pimienta, pepino, flores y frutas, del grano sano. Los granos de café defectuosos contienen sustancias químicas peculiares que imparten aromas desagradables como mohoso, podrido y terroso (Tabla 4).

Compuestos químicos del grano de café tostado

Los compuestos del grano de café en almendra reaccionan en la tostación del café y por lo tanto, su concentración cambia: Disminuyen el agua, los polisacáridos, las proteínas, la trigonelina y los ácidos clorogénicos; se degrada completamente la sacarosa, aumentan los azúcares reductores, los ácidos y las cenizas; las melanoidinas se crean, mientras que los lípidos y la cafeína se mantienen casi en la misma concentración.

Agua. El grano de café tostado contiene entre 3,5% y 5,0% de agua, dependiendo de la humedad del grano almendra y del grado de tostación.

Carbohidratos. De un 15% al 20% de los polisacáridos de los granos de café almendra se transforman en la tostación; la sacarosa se carameliza, y en consecuencia se producen pigmentos que dan color caramelo y amargo a la

Impresión de olor o sabor del café	Compuesto químico	Causas
Tierra, madera húmeda	Geosmina (2 -metil isoborneol)	Mohos <i>Penicillium expansum</i> y bacterias <i>Streptomyces coelicolor</i>
Riado, fenólico	2,4,6 - tricloraanisol/fenol	Degradación de procloraz, mohos, contaminación con sustancias químicas
Sabor a papas y arvejas	2-isopropil-3-metoxipirazina	Infección bacteriana de granos dañados por insectos
Pescado podrido	4-heptenal	Granos inmaduros
Fermentado, frutal	etil-2-metilbutirato, etil-3-metilbutirato	Fermentación no controlada
Reposo, viejo, grasa	metanotiol, metilpropanal, hidroximetilfurfural, 2,3-pentanodiona	Almacenamiento en condiciones húmedas
<i>Stinker</i> , nauseabundo	2-isobutylmetoxipirazina, ésteres, dicetonas, dimetilsulfido	Degradaciones durante el beneficio

Tabla 4.

Compuestos químicos de algunos defectos del café (Fuente: Dentan, 1989; Gibson y Butty, 1975; Guyot, Cochard y Vincent, 1991; Holscher et al., 1995; Puerta, 2001; Spadone y Liardon, 1987, citados por Puerta, 2011).

bebida, así como ácidos fórmico, acético, glicólico, láctico y compuestos aromáticos como los furanos. Los azúcares reductores reaccionan con los aminoácidos en la conocida reacción de *Maillard* o glicación, de esta manera, se forman las melanoidinas que dan el pigmento marrón a los granos de café y otorgan sabor y color a la bebida; además, se producen los pirroles, tiofenos, oxazoles, tiazoles y pirazinas del aroma del café tostado.

Lípidos. Los insaponificables disminuyen; algunos lípidos se oxidan y forman aldehídos y otros compuestos volátiles.

Proteínas. Éstas disminuyen, según el grado de tostación. Los aminoácidos se transforman en aldehídos, CO₂ y amoníaco, en la reacción de *Strecker*, y en la reacción de *Maillard*, junto con los azúcares reductores, producen las melanoidinas y diversos compuestos volátiles nitrogenados y azufrados.

Alcaloides. La cafeína es estable en la tostación, es soluble en agua y pasa completamente a la bebida. El 85% de la trigonelina se transforma en piridinas, pirroles, ácido nicotínico y otros compuestos nitrogenados.

Ácidos clorogénicos. Se isomerizan, se unen a las melanoidinas, se hidrolizan, forman quinolactonas y se transforman en catecol, guayacol, pirogalol, que tienen olores a humo y quemado. El contenido de ácidos clorogénicos en una taza de café depende de la especie, la madurez, el procesamiento y el grado de tostación, hay menos cantidad en el café descafeinado.

Ácidos. Clorogénico, quínico, cítrico, acético, málico, fórmico, fosfórico, glicólico, láctico, propanoico, butanoico, pentanoico, heptanoico y ácidos grasos, entre otros. Algunos de estos ácidos provienen directamente del café almendra y otros se forman en la tostación, a partir de la sacarosa, de los ácidos cítrico, málico y fosfórico, de la trigonelina y de los lípidos.

Aromas del café tostado. El aroma del café tostado está conformado por unos 850 compuestos volátiles, que incluyen 244 compuestos nitrogenados y 75 azufrados. En términos de masa, 1,0 kg de café tostado contiene cerca de 500 mg de sustancias volátiles, mientras que 1,0 kg de bebida unos 20 mg. Estos compuestos otorgan a la bebida varios sabores, como a caramelo, tostados, almendras, cítricos, frutales, cocinado, y también desagradables como a tierra, ahumados y fétidos, entre otros.

Los aromas del café a caramelo incluyen ácidos y furanos; los tostados están conformados por aldehídos, cetonas, furanos y pirazinas; los frutales y dulces son

aldehídos, cetonas, ésteres, alcoholes y ácidos; los florales son principalmente alcoholes; los olores ahumados corresponden en su mayoría a fenoles; los asados a pirazinas; los olores a grasa y rancio están compuestos de alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres; los terrosos y mohosos son fenoles, pirroles, alcoholes y hidrocarburos; los olores a solvente corresponden a hidrocarburos y cetonas, principalmente, y los aromas a podrido son en su mayoría compuestos nitrogenados y azufrados como aminas, piridina, tioles y tiofenos.

Los principales compuestos del aroma del café incluyen: 4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona, 5-etil-4-hidroxi-2-metil-3(2H)-furanona, 4-metil-2,3-pentanodiona, etil-2-furfuril-cetona, vainillina, 2-furfuriltiol, 2,3-butanodiona, 4-vinilguaiacol, guayacol, 4-etilguayacol, sotolona, eugenol, metional, 2-pentanona, (E)-β-damascenona, 4-metil-2,3-pentanodiona, 2,3-hexanodiona, 5-etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona, 2-metilbutanal, 3-mercapto-3-metilbutilformato, acetaldehído (Clarke y Vitzthum, 2005; Flament y Bessièrre, 2002; Holscher y Vitzthum, 1990; Illy y Viani, 2005)

Composición química de la bebida de café

La bebida de café contiene de 98,5% a 99,0% de agua, sus sólidos solubles están compuestos por ácidos, melanoidinas, cafeína, lípidos, proteínas, minerales, azúcares y sustancias volátiles (Tabla 5). La cantidad de ácidos de la bebida de café depende de la especie, Arábica es más ácida que Robusta; del tipo de beneficio, el beneficio húmedo otorga más acidez; la frescura, cafés muy viejos (reposados) tienen acidez baja; el grado de tostación, para tostaciones medias (15% a 16% de pérdida de peso) la acidez es más agradable y balanceada que en el café preparado con tostaciones oscuras.

Consideraciones prácticas

El contenido y tipo de compuestos químicos que conforman el aroma y sabor de la bebida dependen principalmente de: La especie y variedad de café, la sanidad, la madurez, el tipo de beneficio, la fermentación, el desmucilaginado, el lavado, el secado, el almacenamiento, el grado de tostación y el método de preparación de la bebida. Cada compuesto químico del café influye en las características sensoriales de la bebida de café (Tabla 6).

Compuesto químico	unidad	Contenido en la bebida de café Arabica 7 g/100 mL, filtrado
Agua	%	98,75
Sólidos disueltos (Brix)	%	1,25
Ácido clorogénico	mg	100,00
Ácido quínico	mg	40,00
Ácido cítrico	mg	60,00
Ácido acético	mg	35,00
Ácido málico	mg	20,00
Ácido fosfórico	mg	15,00
Ácido láctico	mg	10,00
Ácido nicotínico	mg	1,00
Otros ácidos	mg	30,00
Cafeína	mg	90,00
Azúcares reductores	mg	19,00
Polisacáridos	mg	236,00
Melanoidinas	mg	272,80
Péptidos	mg	75,00
Lípidos	mg	1,00
Potasio	mg	105,00
Otros minerales	mg	140,00
Volátiles	mg	0,20
pH	unidad	4,89
Aporte calórico	kcal	1,00 sin azúcar; 17,40 con 1 cucharadita de azúcar

Tabla 5.

Composición química de una taza de café Arábica. (Fuente: Puerta, 2011).

Compuesto químico	Efecto en las características sensoriales de la bebida del café
Agua	Conservación del aroma y sabor del grano; desarrollo de las reacciones en la tostación
Polisacáridos	Retienen los aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida y a la espuma del espresso
Sacarosa	Amargo, sabor, color, acidez, aroma
Azúcares reductores	Color, sabor, aroma
Lípidos	Contribuyen al transporte de los aromas y sabores, y en el espresso dan sabor y cuerpo
Proteínas	Contribuyen al amargo y sabor, en el espresso forman a la espuma
Cafeína	Amargo y sabor
Trigonelina	Contribuye al amargo, los productos de su degradación al aroma
Ácidos clorogénicos	Dan cuerpo, sabor amargo y astringencia a la bebida
Ácidos alifáticos	Acidez, cuerpo, aroma
Minerales	Cuerpo

Tabla 6.

Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales de la bebida de café. (Fuente: Puerta, 2011).

La catación

Es el método usado para medir el aroma, el sabor y la sanidad del café. Los catadores son las personas que mediante los sentidos de la vista, el olfato y el gusto sienten, perciben, identifican, analizan, describen, comparan y valoran la calidad del café. Mediante las evaluaciones sensoriales se pueden identificar los defectos presentes en la bebida de café, conocer la intensidad de una característica sensorial como la acidez y el dulzor, reconocer y calificar el sabor y el aroma, y de igual forma, medir la calidad global del producto (Tabla 7).

Las evaluaciones sensoriales del café son objetivas y consistentes cuando son efectuadas por catadores expertos. Estas personas deben cumplir ciertos requisitos como los siguientes: Demostrar habilidades sensoriales olfativas y gustativas en las pruebas de identificación de olores y sabores; diferenciar calidades de café en pruebas de comparación; describir, clasificar y calificar la calidad del café mediante un vocabulario específico y una escala de calificación determinada (Puerta, 2009a).

Las cataciones del café deben efectuarse en laboratorios donde las condiciones del entorno como los ruidos, la comodidad, la temperatura y humedad atmosféricas estén controladas. También los métodos de evaluación, procedimientos, equipos, registro de la información y análisis de los resultados deben estar estandarizados, para que los resultados puedan compararse. Los resultados de las cataciones del café contribuyen para la toma de decisiones acertadas en la mejora de los procesos y la conservación de la calidad del café.

Escalas de calificación de la calidad del café

Para valorar la calidad de la bebida de café se dispone de varios tipos de escalas, un ejemplo es la **escala de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA)** (Tabla 8), la cual ha sido divulgada para la capacitación de catadores en Centro y Suramérica, junto con protocolo

de evaluación de la calidad de cafés especiales, el cual es usado en algunos centros de catación del país.

Igualmente, la **Alianza para el Café de Excelencia (ACE) usa un formato propio para valorar la calidad del café**, en los concursos de la Taza de la Excelencia, que se desarrollan en los países productores, donde se otorga un prestigioso premio a los cafés de excelente calidad, después de una rigurosa selección entre varios lotes y caficultores proveedores; los cafés ganadores se subastan a altísimos precios, como incentivo al esfuerzo de los caficultores por producir cafés de buena calidad (ACE, 2013).

Para el análisis descriptivo y cuantitativo de las características de la calidad del café se desarrolló y se ha usado en Cenicafé la escala de 9 puntos, que comprende tres categorías de café: calidad especial y superior con calificaciones de 9-8 y 7; Calidad media (desviaciones) que se califica con 6-5 y 4, y calidad rechazo (defectos) con puntajes de 3-2 y 1 (Tabla 9).

Los defectos se presentan cuando los granos o la bebida de café carecen de las cualidades propias y esperadas del producto. Los defectos del café ocasionan deterioro de su calidad física, falta de consistencia y mal sabor en la bebida o pérdida de la inocuidad.

Defectos del café

Durante el cultivo y los procesos de beneficio, almacenamiento y transporte del café se pueden generar varios defectos en el grano, que se detectan por su apariencia física y también en la calidad de bebida. Los defectos del grano de café en almendra más importantes son: El brocado, contaminado, vinagre, mohoso, negro, decolorado y flojo (Figura 3); y los de la bebida son el sabor fenólico, contaminado, vinagre, terroso, reposo, ahumado, carbonoso y acre.

El Comité Nacional de Cafeteros de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia estableció dos categorías en los defectos del grano de café en almendra, para los tipos de café exportado, así:

- **Defectos del primer grupo:** Negros llenos, parciales o secos, vinagres enteros o parciales, reposados amarillos o carmelitas y ámbar o mantequilla.

Tabla 7.

Descripción de las cualidades y defectos del café medidos sensorialmente. (Fuente: Puerta, 1996).

Característica sensorial de la bebida de café	Órgano sensorial de medición	Cualidades	Defectos
Fragancia y aroma	Olfato	Característico, equilibrado, pronunciado, intenso, balanceado, fresco, natural del café, dulce, tostado, floral, frutal, herbal, especia	Contaminado, fermento, reposo, verde, olores extraños, tierra, químicos, moho, reposo, envejecido, humo, carbonoso
Acidez	Gusto	Alta, agradable, pronunciada, delicada, balanceada	Nula, agria, picante, astringente, imperceptible, vinagre, fermento, stinker, metálico, extraño, baja, acre
Amargo	Gusto	Moderado, medio, equilibrado, balanceado, pronunciado	Muy fuerte, no equilibrado, imperceptible, escaso, extraño
Cuerpo	Gusto	Moderado, medio, equilibrado, balanceado, completo	Aguado, ligero, espeso, muy fuerte, lleno, sucio, flojo, pesado
Dulzor	Gusto	Medio, alto, equilibrado, balanceado	Escaso, bajo
Sabor	Olfato y gusto	Buena, balanceada, suave, dulce, tostado, cítrico, floral, frutal, herbal, a chocolate, a especias	Insípida, astringente, fermento, stinker, fenol, contaminado, tierra, mohoso, húmedo, sucio, reposo, envejecido, carbonoso, quemado, humo, metálico, verde, cereal, químico, extraño
Impresión global	Olfato y gusto	Buena, especial	Rechazo

Tabla 8.

Escala de calificación SCAA (Specialty Coffee Association of America) para el café. (Fuente: <http://www.scaa.org/resources&d=cupping-protocols>).

Escala de calidad			
6,00 - Buena	7,00 - Muy buena	8,00 - Excelente	9,00 - Sobresaliente
6,25	7,25	8,25	9,25
6,5	7,5	8,5	9,5
6,75	7,75	8,75	9,75

Clasificación del puntaje total de calidad		
90-100	Sobresaliente	Especial
85-89,9	Excelente	
80-84,9	Muy buena	
<80,0	Por debajo de café especial	

Tabla 9.

Escala para la calificación y descripción de la calidad de la bebida de café (Fuente: Puerta, 1996).

Calidad especial y superior			Calidad media			Rechazo		
9	8	7	6	5	4	3	2	1
La mejor	Muy buena Tostado Avellana Frutal Dulce Almendra Cítrico Malta Moras Chocolate	Buena Caramelo Vino Clavos Vainilla	Tolerable Fique	Hierba Verde Banano Astringente Césped	Baja Media	Maíz Pronunciado Amargo Madera Cereal Quemado	Fermento Flores Pulpa Sucio Plátano Grasa Áspero Cebolla Húmedo Agrio Coco	Vinagre Picante Tierra Ahumado Cuero Moho Podrido Hediondo Fenol



Figura 3.

Defectos del café grano de café que más afectan la calidad de la bebida. **a.** Brocado. **b.** Vinagre. **c.** Decolorado. **d.** Negro. **e.** Mohoso

- **Defectos del segundo grupo:** Flojo, cardenillo, decolorado (veteado y blanqueado), mordido o cortado, picado por insectos, sobre-secados o quemados, partido, malformado o deformado, inmaduro, aplastado, flotador o balsudo, averanado o arrugado (FNC - Comité Nacional de Cafeteros, 2005)

Para disminuir la ocurrencia de defectos en el café y reducir las pérdidas económicas y en la calidad se recomienda aplicar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la finca, y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en las otras etapas de producción del café. Así, todos los procesos del café se deben efectuar en condiciones higiénicas y además, deben controlarse sus etapas críticas (Puerta, 2006a; Puerta, 2006c).

En especial, se debe vigilar la efectividad del control integrado de la broca, verificar la recolección selectiva de frutos maduros, separar y descartar en cada etapa, los frutos y granos dañados, así como, establecer controles en la fermentación, el desmucilaginado mecánico, el lavado, el secado, el almacenamiento y también disponer integralmente los residuos del café.

Causas de los defectos del café

Los defectos del café se originan desde el cultivo, principalmente por plagas como la broca del cafeto. La mayoría de los defectos del café resultan por un

inadecuado beneficio; es así como en unas pocas horas puede deteriorarse la calidad de la cosecha y originarse sabores y aromas desagradables en la bebida, y de esta forma, arriesgarse la inocuidad del producto.

En cada etapa del procesamiento del café se pueden producir diversos defectos debido principalmente a fallas en los controles (Tablas 10 y 11).

Riesgos para la calidad del café

Los riesgos son condiciones y agentes físicos, químicos o biológicos, que causan la pérdida de la inocuidad y de la calidad del café y, en consecuencia, el producto obtenido no cumple con los requisitos para su consumo.

Riesgos físicos

Presencia de piedras, vidrios, trozos de madera o metal, éstos sólo afectan a los frutos y granos de café, no pasan a la bebida.

Riesgos biológicos

Insectos: Broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*), gorgojo (*Araecerus fasciculatus*); hongos: *Aspergillus ochraceus*, *A. fumigatus*, *Penicillium crysogenum*; roedores y otros animales.

Tabla 10.

Causas de los defectos del café (Fuente: Jaramillo, 2005; Montoya, 1999; Puerta, 1999, 2000a, 2001; 2003b, 2005, 2006b, 2008a, 2009a, 2010b, 2012; Puerta et al., 1999; Puerta y Gallego, 2004; 2005; FNC, 1998). *OTA: Ocratoxina A.

Etapa del proceso del café	Falla en la etapa	Defectos de la calidad del café
Cultivo	Control inadecuado de la broca del café	Brocado
	Deficiencia de agua	Negro
	Uso indiscriminado de plaguicidas	Contaminado
	Suelos con exceso de Ca o con deficiencia de Fe	Decolorado ámbar
Cosecha	Contacto de los frutos con sustancias químicas, como combustibles, insecticidas, humos, mohos, brea, frutos del suelo	Contaminado, mohoso
	Recolección no selectiva, verdes y sobremaduros	Fermento
Despulpado	Mal ajuste de la despulpadora	Mordido, pasillas, guayabas
	Falta de higiene en los equipos	Mohos, OTA, contaminado
	Falta o falla en la zaranda o en el sistema de clasificación	Vinagre, pasillas, guayaba
Fermentación	Prolongado o escaso tiempo de fermentación	Vinagre, manchado, decolorado
	Falta de higiene de los tanques	Manchado, contaminado
	Uso de aguas contaminadas o recirculadas	Manchado, contaminado
Desmucilaginado mecánico	Incompleta separación del mucílago	Vinagre, manchado
	Mal ajuste del desmucilagador	Pelado
	Uso de aguas contaminadas	Contaminado, sucio
Lavado	Lavado incompleto	Vinagre, manchado
	Uso de aguas contaminadas	Vinagre, manchado, contaminado
Secado	Falta de higiene en equipos y ambientes	Contaminado, fenol, OTA, mohoso, terroso
	Cargas de secado altas y capas de grano gruesas	Decolorado, veteado, flojo, mohoso
	Rehumedecimiento y amontonamiento	Contaminado, decolorado, veteado, mohoso, terroso
	Altas temperaturas en el secador mecánico, mayor a 50 °C	Cristalizado
	Prolongados tiempos de secado	Decolorado, veteado
	Escasas horas de brillo solar	Decolorado, veteado, flojo, mohoso
Empaque	Falta de higiene de empaques	Contaminado, OTA*, mohoso
Transporte	Falta de higiene de medios de transporte	Contaminado, decolorado
Almacenamiento	Falta de higiene en sitios de almacenamiento	Contaminado, OTA, fenol, daño por insectos, mohoso, terroso
	Temperaturas en ambientes de almacenamiento superiores a 20 °C	Decolorado, OTA, mohoso, terroso, reposo
	Humedad relativa en ambiente de almacenamiento superior a 75%	Decolorado, OTA, mohoso, terroso, reposo
	Café almacenado húmedo, mayor a 12%	Decolorado, OTA, mohoso, terroso, reposo
	Tiempos de almacenamiento mayores a 6 meses	Reposo, decolorado
Trilla	Falta ajuste de la trilladora	Aplastado
	Trilla de café húmedo	Aplastado

Continúa...

...continuación

Etapa del proceso del café	Falla en la etapa	Defectos de la calidad del café
Tostación	Prolongado tiempo de tostación	Quemado, carbonoso
	Uso de aire o agua contaminados	Contaminado
Preparación	Falta de higiene en ambientes, equipos y utensilios	Contaminado
	Uso de agua contaminada	Contaminado
	Fallas en las proporciones agua/café, sistema de preparación, temperatura del agua, grado de molienda y tiempos entre preparación y servido	Aguado, pesado, recalentado, sucio

Defecto del grano de café	Aroma y sabor de la bebida
Brocado	Extraño, áspero, contaminado, sucio, fenol
Mohoso	Tierra, moho, fenol
Contaminado	Químico, tierra, combustibles, solventes, fenol
Vinagre	Agrio, fermento, descompuesto, <i>stinker</i> , hediondo, nauseabundo
Negro	Acre, sucio
Decolorado	Mohoso, sucio, envejecido, reposo, insípido
Mordido	Sucio, descompuesto, mohoso

Tabla 11.

Defectos físicos del grano de café y su efecto en la bebida. (Fuente: Puerta, 2008c)

Riesgos químicos

Comprende los residuos de fungicidas, insecticidas y herbicidas, varios de los cuales están regulados para el café, así como solventes, combustibles, emisiones de humos, metales pesados y micotoxinas.

Ocratoxina A (OTA). Esta micotoxina es producida por el hongo *Aspergillus ochraceus* que puede contaminar el café a través de cáscaras, granos dañados y otros vegetales; también cuando los granos permanecen, se almacenan o se transportan con humedad mayor al 12%, en ambientes húmedos (Humedad relativa mayor al 75%), a altas temperaturas (Mayor al 25 °C) y en sitios carentes de higiene y ventilación (Puerta, 2003b; Puerta *et al.*, 1999; Puerta y Gallego, 2004 y 2005). La contaminación de OTA no se detecta en la evaluación de la apariencia del grano de café, la bebida tampoco presenta algún sabor o aroma que indique que pueda estar contaminada. La OTA se mide mediante columnas de inmunoafinidad y por cromatografía. La OTA puede contaminar también los cereales, el vino y los frutos secos. La dosis máxima tolerable diaria de OTA para una persona de 60 kg de peso corporal se ha estimado en 300 nanogramos. En la Comunidad Europea se han establecido valores límites de OTA de 5 ppb en el café tostado y 10 ppb (Partes por billón) en el soluble (FAO, 2005).

Metales pesados

Como arsénico-As, bismuto-Bi, antimonio-Sb, cadmio-Cd y plomo-Pb, provienen de suelos y aguas contaminadas y también pueden estar contenidos en trazas en fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas.

Condiciones inadecuadas

Fallas en la clasificación y separación de granos defectuosos; contaminación cruzada, contacto de los granos de café húmedo o seco con cáscaras, pulpas, aguas residuales, animales, maíz; fallas en la higiene personal, de instalaciones y de equipos; demoras en el secado, almacenamiento del grano de café en ambientes húmedos y caliente, y sin ventilación.

Adulterantes del café

Son sustancias que no se declaran en la etiqueta del producto y que se adicionan intencionalmente al café en cualquier etapa de la producción. Las principales sustancias adulterantes del café son: Café Robusta y de otras especies; café de variedades Arábica de otras procedencias; vegetales, cereales, gramíneas; tinturas, sangre y otras sustancias líquidas o sólidas.

Relación entre los factores de origen y proceso del café y su calidad

La calidad del café está influenciada por varios factores naturales, climáticos, botánicos y por el factor humano, debido a los diversos procesos y operaciones que son realizados desde las fincas hasta su tostación y preparación.

Especie botánica

Entre el café Arábica y Robusta se presentan diferencias notables en las características de la calidad del grano y de la bebida. Los granos de café Robusta son redondos y pequeños, mientras que los Arábica son más planos; además, según el tipo de beneficio del grano, es distinto el color de los granos y el sabor de la bebida. Así, los granos de café Robusta que se procesan generalmente por la vía seca (Secado directo de los frutos) son de color verde - amarilloso o marrón, mientras que aquellos de Arábica del beneficio húmedo, conservan su coloración verde.

Del mismo modo, la bebida de café Robusta presenta un sabor amargo fuerte, un cuerpo pesado y un aroma muy peculiar que la distinguen de la bebida preparada con Arábica. El sabor propio de *C. canephora* es detectado por expertos catadores incluso en mezclas que contengan 10% de Robusta con 90% de Arábica, debido a la intensificación del amargo y al aumento del cuerpo de la bebida de este café.

Las características de sabor de Robusta se deben precisamente a su composición química, por los mayores contenidos de ácidos clorogénicos y cafeína, y el menor

contenido de sacarosa, con respecto a Arábica. Estos compuestos y sabores del café Robusta se mantienen en el grano independientemente del tipo de beneficio (Figura 4). Las bebidas de café Robusta presentan sabores terrosos, leñosos, a cereal y vinagres, en consecuencia su calidad se califica en la escala de rechazo.

Igualmente, *C. canephora* presenta mayores valores de sólidos solubles, rendimientos de la bebida y pH, menor acidez sensorial y cuerpo más pesado, con respecto al café Arábica (Tabla 12). Por el contrario, el café Arábica resulta más suave, independiente de su origen geográfico, debido a sus menores contenidos de alcaloides y ácidos clorogénicos, y a su mayor contenido de sacarosa y ácidos. Los sabores y aromas dulces y frutales de Arábica dependen de la madurez, del tipo de beneficio, la fermentación y de las condiciones de almacenamiento, tostación y preparación.

Variedad

Con las variedades de café Caturra, Colombia, Castillo®, Típica, Borbón, Tabi y Maragogipe del café Arábica que se produce en Colombia, se obtienen bebidas de cualidades suaves, aromas intensos y acidez agradable (Tabla 13). Esta calidad se obtiene en la bebida de café siempre y cuando las condiciones de cultivo y las prácticas de procesamiento en el beneficio, almacenamiento y preparación sean adecuadas (Puerta, 2006a, 2008c). De esta forma, se conservan y destacan las cualidades dadas por la genética de la planta, por los componentes químicos naturales del grano de café y se obtienen calificaciones en el rango de la buena calidad del café (Tabla 14).

La calificación de estas cualidades cambia con el tipo y condiciones de beneficio y con el grado de tostación (Figura

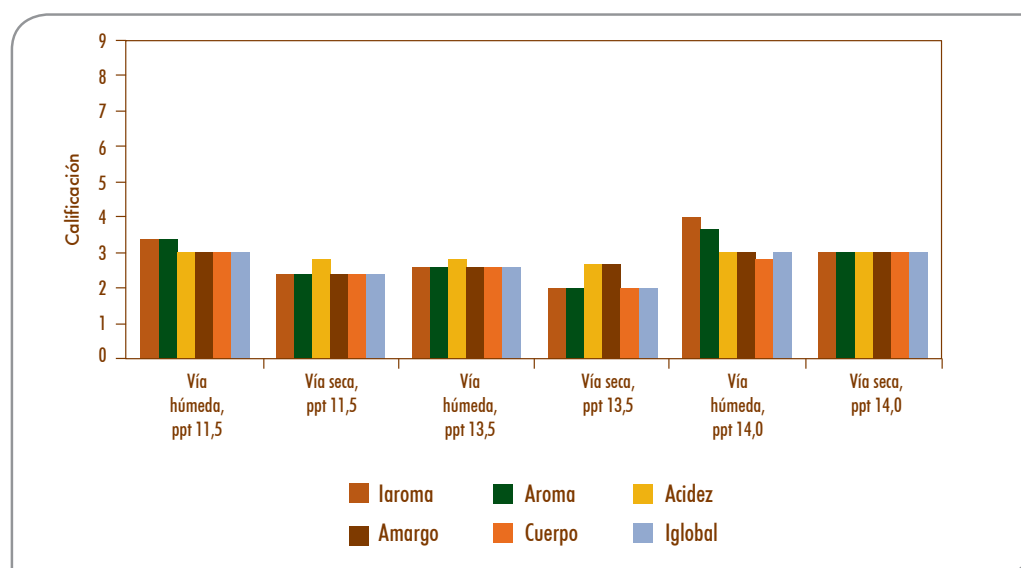


Figura 4.

Calificación de la calidad del café Robusta, según el tipo de beneficio y la pérdida de peso en la tostación (ppt). (Escala: 7 a 9 calidad superior; 9, la mejor; 4 a 6 media; 3 a 1 defectos, rechazo).
 Aroma: Intensidad del aroma; Iglobal: Impresión global.

Variedad de café	pH (unidades)	C.V.%	Acidez (mg CaCO ₃ /L bebida)	C.V. %	Brix % (g sólidos /100 mL bebida)	C.V. %	Sólidos solubles % (g/100 mL bebida)	C.V. %	Rendimiento extracción % (g solubles /100 g café tostado)	C.V. W VV %
Borbón	4,92	3,6	752,9	8,5	1,24	22,9	1,54	1,2	20,99	12,9
Caturra	4,95	3,8	789,3	17,5	1,60	18,4	1,65	1,6	22,57	13,1
Colombia amarillo	4,69	1,9	922,4	15,0	1,43	20,5	1,55	1,4	21,16	12,2
Colombia rojo	4,72	2,8	928,5	11,6	1,33	12,9	1,59	1,3	21,76	10,6
Típica	4,79	3,5	741,8	5,6	-	-	-	-	-	-
Robusta vía húmeda	5,17	1,6	878,1	18,3	2,01	7,1	2,14	2,0	29,18	8,5
Robusta vía seca	5,17	3,3	908,8	8,6	2,11	17,3	1,87	2,1	25,53	9,0

Tabla 12.

Valores de pH, acidez química y sólidos solubles promedio de la bebida para las variedades de café Arábica y Robusta (Fuente: Puerta, 2008a).

Variedad de café	Cualidades organolépticas sobresalientes
Borbón	Taza equilibrada y amargo moderado
Caturra	Amargor y aromas pronunciados
Colombia	Acidez alta y amargo pronunciado
Típica	Taza muy suave
Maragogipe	Cuerpo medio, sabor suave
Tabi	Taza equilibrada y aroma intenso
Castillo®	Balanceda, suave

Tabla 13.

Cualidades sobresalientes de las variedades de café Arábica maduro cultivadas en Colombia (Fuente: Puerta, 1998; Alvarado y Puerta, 2002; Alvarado et al., 2009).

Característica sensorial	Variedad de café				
	Borbón	Caturra	Colombia amarillo	Colombia rojo	Típica
Aroma del tostado	7	7	7	7	7
Aroma de la bebida	7	7	7	7	7
Acidez	7	8	8	8	7
Amargo	7	7	7	7	7
Cuerpo	7	7	7	7	7
Impresión global	7	7	7	8	7

Tabla 14.

Calificación de la calidad de variedades de café de Colombia, beneficio húmedo, tostación media. (Fuente: Puerta, 1998).

Escala de 9 puntos: 9, 8, 7 buena calidad; 9 la mejor

5). Mediante mezclas de estas variedades y tostaciones controladas se producen perfiles de taza con sabores suaves y cualidades organolépticas, aún más balanceadas (Puerta, 2000a).

Altitud

La altitud del cafetal influye en el desarrollo de plagas y enfermedades y favorece algunos defectos del grano.

A mayores altitudes, por encima de 1.600 m, se ha observado menor cantidad de granos dañados por la broca y menor cantidad total de defectos (Tabla 15). Para ambas

variedades Caturra y Colombia, cultivadas en altitudes por encima de 1.600 m, el porcentaje de grano supremo 17 tiende a ser mayor y la cantidad de grano de 14/64 de pulgadas tiende a ser menor (Tabla 16).

Por el contrario, la altitud no modifica la calidad de la bebida de los granos de café Arábica sanos.

No hay relación entre la altitud con la calificación del aroma, acidez o impresión global de la bebida de café, así mismo, no hay diferencias en la cantidad de defectos o tazas buenas, según el rango de altitud del cultivo. En todas las regiones de Colombia

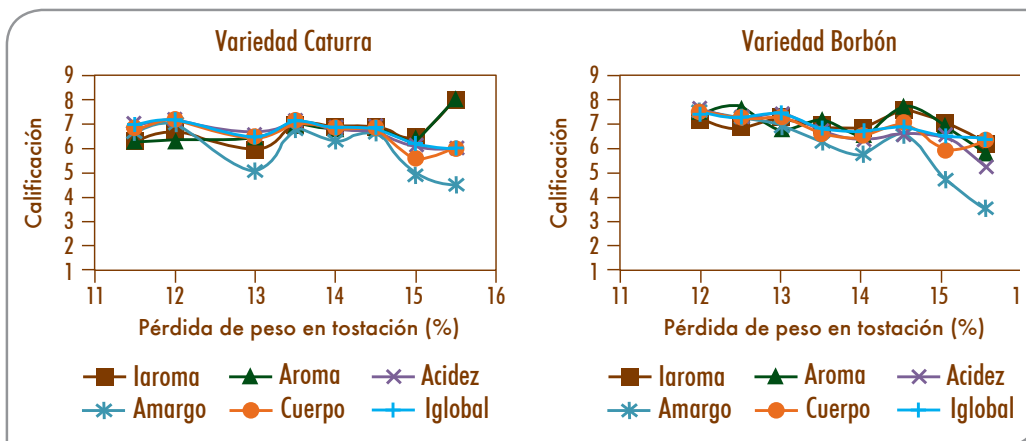


Figura 5.

Variación de las características de calidad de la bebida de las variedades Caturra y Borbón, según la pérdida de peso en la tostación (Escala de 9 puntos, 9 la mejor calificación). Iaroma: Intensidad del aroma; Iglobal: Impresión global.

Defectos %	Rango de altitud, metros		
	<1.300	1.300 a 1.600	>1.600
Negro	0,07a	0,09a	0,08a
Brocado	3,83a	2,24b	0,70c
Vinagre	1,13a	0,74b	0,97ab
Decolorado	1,62a	1,21a	1,12a
Mordido	1,12b	1,39a	1,23ab
Total defectos	10,61a	8,43b	7,18c

Tabla 15.

Cantidad de defectos en el grano de café, según el rango de altitud del cultivo, en 580 muestras de siete departamentos (Puerta, 2007a). (Letras distintas entre rangos de altitud para cada defecto indican diferencias estadísticas, Duncan 5%).

Tamaño grano café almendra pulgada	Rango de altitud, metros					
	<1.300			1.300 a 1.600		
	Caturra			Colombia		
17/64	58,0a	61,4a	64,3a	62,5a	63,4a	65,2a
16/64	25,1a	24,2a	23,4a	22,9a	23,2a	22,9a
15/64	10,9a	9,8a	8,7a	9,9a	9,3ab	8,4b
14/64	4,9a	4,0a	3,0b	3,9a	3,5ab	3,0b

Tabla 16.

Tamaño del grano de café almendra de variedades Caturra y Colombia, según el rango de altitud del cultivo. (Letras distintas entre rangos de altitud para cada variedad y tamaño indican diferencias estadísticas, Duncan 5%).

recomendadas para el cultivo del café Arábica se puede producir café de muy buena calidad y también defectos, la diferencia radica en la sanidad del grano y en las prácticas realizadas en el beneficio y secado.

En las regiones por debajo de 1.300 m, las altas temperaturas favorecen el deterioro de la calidad del café cuando el despulpado y la fermentación se realizan en forma inadecuada y cuando se mantienen húmedos los granos por tiempos prolongados. Mientras que en la regiones por encima de 1.600 m las bajas temperaturas y la alta nubosidad no favorecen el oportuno y buen secado del café al sol. En ambos casos, debido a las condiciones y malas prácticas se pueden presentar granos decolorados y vinagres y sabores sucios, vinagres y mohosos.

Sombrío

No se han encontrado diferencias en alguna de las características de calidad de la bebida de café, según el sombrío del cultivo (Tabla 17).

Suelos

No se han encontrado diferencias en la calidad del café, debido al origen del material parental, ni por la unidad de suelo. En todos los suelos donde se cultiva el café en Colombia se produce café de buena calidad, siempre y cuando se apliquen las buenas prácticas agronómicas y de procesamiento recomendadas.

Sanidad y broca

El mejor balance de los aromas y sabores, y la mejor calidad del café se obtiene de frutos maduros y sanos. El grano brocado es un defecto del café que exige que el proceso de beneficio y clasificación se hagan de una forma aún más cuidadosa que cuando no se tenía el insecto *Hypothenemus hampei* en los cafetales de Colombia.



Este insecto ocasiona considerables pérdidas económicas en la caficultura, daña el aspecto del grano almendra (perforaciones), su color cambia a verde oscuro y marrón, y también se deteriora la calidad de la bebida. Cuando los granos brocados no se retiran en el beneficio mediante las operaciones de clasificación del fruto, en el despulpado y en el lavado o cuando permanecen húmedos, se incrementan los riesgos de producir defectos en la bebida de café.

En las bebidas de café preparadas con granos brocados, dañados en más del 25%, se pierden más del 30% de las tazas. Estos defectos incluyen aromas y sabores nauseabundos, contaminados, acres y sucios, que hacen la bebida imbebible (Tabla 18).

Categoría calidad del café	Plena exposición al sol	Con sombra
	Muestras (%)	Muestras (%)
Buena, superior	47,1	47,1
Media	24,9	25,2
Rechazo	28,0	27,7

Tabla 17.

Clasificación de la calidad del café de siete departamentos, según el cultivo a plena exposición solar y con sombra.

Grado de daño	Pérdida de peso del grano almendra	Muestras con calidad en taza rechazada	Defectos en la bebida
1	Una perforación	8% a 58%	Verde, sabores extraños
2	25%	16% a 42%	Sucio, carbonoso, viejo
3	50%	22% a 100%	Sucio, <i>stinker</i> , fenol, imbebible
4	75%	22% a 100%	<i>Stinker</i> , fenol, rancio, picante, sabores extraños, imbebible

Tabla 18.

Efecto de la broca en la calidad de la bebida de café (Adaptado de Montoya, 1999).

Madurez

Consideraciones prácticas

Debido a las condiciones climáticas de las regiones cafeteras de Colombia (Jaramillo, 2005), en un cafetal se pueden encontrar todos los estados de maduración del fruto al momento de la cosecha. Los mayores rendimientos y la mejor calidad se obtienen del café maduro, por lo tanto, como buena práctica se recomienda la cosecha selectiva de frutos maduros y adicionalmente, la separación y descarte de los frutos pintones, verdes y secos antes del beneficio (Puerta, 2006a).

El grado de madurez influye en la composición química del grano y en la calidad de la bebida (Figura 6).

Como máximo pueden tolerarse hasta 20 frutos verdes por 1,0 kg de frutos de café recolectado, sin embargo, estos frutos verdes deben separarse por cualquier método, para no permitir que pasen al tanque de fermentación, ni al secado.

A partir del 2,5% en peso de frutos verdes (inmaduros) se rechazan desde el 30% de las tazas, por defectos sucio, fermento, *stinker*, tierra y sabores desagradables, además, se disminuye en 7% el rendimiento del café pergamino, con relación al rendimiento con 100% café maduro (Puerta, 2000b).

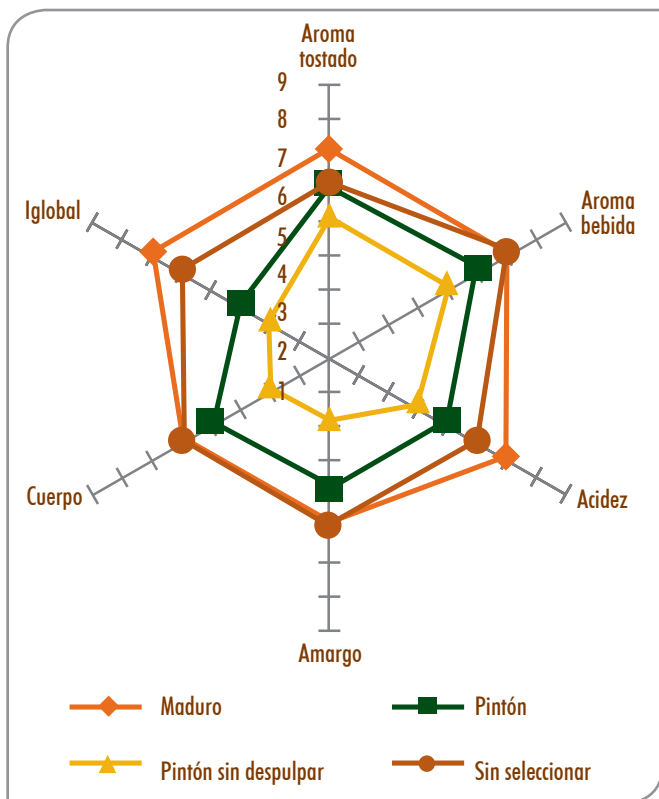


Figura 6.

Calidad de la bebida de café Arábica procesado por fermentación, según la madurez. (Fuente: Puerta, 2010b). (Escala de 9 puntos, 9 la mejor calificación).



Figura 7.

Aspecto del grano de café, según el tipo de beneficio, a. Beneficio seco. b. Descascado. c. Beneficio húmedo.

Beneficio



El tipo de beneficio del café influye de manera significativa en la calidad de los granos (Figura 7) y de la bebida, y por consiguiente, en la clasificación comercial del producto. En el mercado internacional los cafés se catalogan de acuerdo con la especie cultivada (Arábica o Robusta) y según el tipo de beneficio.

En los diferentes países cafeteros, el café se obtiene por tres tipos de beneficio: Vía seca, vía húmeda y descascado.

Beneficio vía seca

Consiste en el secado directo del fruto de café en el árbol o en patios, seguido del descascarado, para remover del grano la pulpa y el pergamino seco. El beneficio seco se usa principalmente con café Robusta de Asia y África, este producto conforma la categoría comercial de los **cafés naturales** y es utilizado principalmente en la preparación de cafés solubles, aunque también es preparado sólo o en mezclas con otras variedades de café.

Por su parte, los cafés Arábica del Brasil que se procesan por la vía seca constituyen la categoría comercial de los **Arábica no lavados**. Los cafés Arábica obtenidos por vía seca presentan características diferentes del café beneficiado por la vía húmeda, con un predominio de sabores agrios y fermentos, cuando los frutos se secan en ambientes con altas humedades relativas (Figura 8).

Beneficio vía semiseca o descascado

En este proceso no se retira el mucílago del grano de café, sino que el grano despulpado se seca directamente, luego se trilla para remover la cáscara. Este proceso se realiza en algunas regiones de Brasil, Asia y África. Mediante el

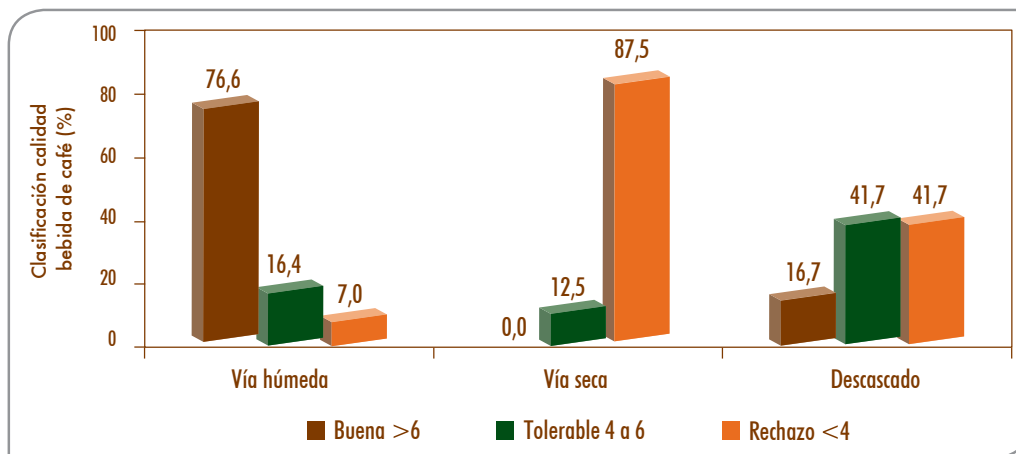


Figura 8.

Comparación de la calidad de café Arábica procesado en el beneficio por húmedo, seco y descascado.

secado del grano de café con su mucílago, en condiciones ambientales húmedas propias de la zona cafetera central, se producen sabores especiales como chocolates, tostados y moras (Figura 8), pero también gran porcentaje de tazas con defecto fermento.

Beneficio vía húmeda

Se practica en Colombia, en los países centroamericanos, en Kenia, Tanzania, Ruanda y Malawi y en algunas regiones del Asia; comprende varias etapas, en la primera se retira la pulpa del fruto en la operación de despulpado, luego se remueve el mucílago mediante un desmucilagador o por la fermentación natural, después, con el lavado se retiran los productos de degradación del mucílago, y finalmente, en el secado se reduce la cantidad de agua del grano pergamino. Los **café suaves colombianos** incluyen al café de Colombia, Kenia y Tanzania; en tanto que los **otros suaves** son Arábicas de Centroamérica y de algunas regiones de India.

Etapas del beneficio húmedo del café

El flujo del proceso controlado del beneficio húmedo del café se presenta en la Figura 9. Cuando se presentan fallas en las condiciones y prácticas de beneficio, se pone en riesgo la calidad del café y en consecuencia, se obtienen granos y bebidas no siempre de buena calidad, así, pueden producirse granos manchados, flojos, mohosos, vinagres, entre otros.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el recibo y clasificación del fruto

- Registrar la trazabilidad de los frutos de café cosechados y anotar el peso recibido.
- Tomar muestras de la tolva para evaluar la madurez y sanidad del fruto, en especial el daño por broca y el porcentaje de frutos verdes. Esta información puede aprovecharse para mejorar las prácticas de manejo del insecto, así como, para optimizar la recolección selectiva del fruto de café.

Antes del despulpado se deben retirar los frutos deteriorados, secos e inmaduros, y las impurezas, como ramas y piedras, mediante operaciones de clasificación mecánicas o hidráulicas. Estos residuos se deben disponer en sistemas adecuados para su descomposición.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el despulpado

- Los principales daños en la calidad del café en la etapa del despulpado son los vinagres, que se ocasionan por la demora en iniciar esta operación o por la separación parcial de la cáscara del grano, también pueden producirse los granos mordidos, por mal ajuste de la máquina.
- El despulpado de café debe comenzarse lo más pronto posible, para evitar fermentaciones y deterioro de la calidad. Se recomienda que no transcurran más de 10 horas entre la recolección y el inicio del despulpado.
- Las despulpadoras deben ajustarse según el tamaño y la madurez del fruto de café producido en la finca.
- Adicionalmente, como control del proceso es necesario que los granos después de despulpados pasen por una zaranda que retenga pulpas y los granos que no se despulparon completamente.

Desmucilaginado. La etapa de remoción del mucílago del café es crítica para la calidad del grano y de la bebida, debido a que los daños que se ocasionen durante ésta son irreversibles. La remoción del mucílago puede efectuarse por la fermentación natural, con ayuda de enzimas pécticas y mediante desmucilaginado mecánico.

Fermentación natural. La fermentación es un proceso bioquímico, en el cual las levaduras, bacterias lácticas y otras bacterias presentes en el mucílago oxidan de forma parcial sus azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácido láctico, ácido acético, dióxido de carbono, propanol, butanol, ácidos succínico, fórmico, butírico y sustancias olorosas como aldehídos, cetonas y ésteres. Además, las pectinasas presentes de forma natural en el mucílago

de café convierten parte de sus compuestos pécticos en disacáridos y monosacáridos. Durante la fermentación también se degradan los lípidos y cambian el color, el olor, la densidad, la acidez, el pH, los sólidos solubles, la temperatura y la composición química y microbiana del mucílago de café (Puerta, 2010a; Puerta, 2012).

La velocidad de los diferentes cambios que ocurren en la fermentación del mucílago del café como la fermentación de azúcares, acidificación y formación de alcohol, varía a través del tiempo del proceso y se desarrolla de forma similar al crecimiento de los microorganismos, así: La primera fase es relativamente lenta, sigue una fase muy rápida hasta alcanzar un valor máximo (Fase exponencial), luego las tasas de degradación y de producción disminuyen; a partir de estos tiempos las concentraciones de los componentes del sustrato prácticamente no varían (Puerta, 2012).

Consideraciones prácticas

En la fermentación del café, los granos despulpados se mantienen durante cierto tiempo, hasta su lavado, inmersos en el sustrato que contiene los diversos productos de la fermentación. Durante este tiempo, los productos de la fermentación pueden ser absorbidos por el grano y, dependiendo del tiempo y del tipo de sustancia, pueden afectar tanto la calidad del grano como los sabores y aromas de la bebida; en especial, el ácido acético, que tiene olor y sabor a vinagre y que siempre se presenta en las fermentaciones del café. La permanencia prolongada de los granos en el ácido acético es la principal causa de los sabores agrios y fermentos en la bebida, que son los defectos más frecuentes en la calidad del café.

Igualmente, los sabores y calidades obtenidos por la fermentación del café dependen del sistema de fermentación (sumergido o sin agua, abierto o cerrado), la temperatura externa y la calidad del café en baba (madurez y limpieza).

Son malas prácticas en la fermentación del café:

- ✗ Las mezclas heterogéneas de cafés despulpados de diversa madurez, sanidad y frescura
- ✗ El proceso de cafés despulpados de varios días
- ✗ La fermentación no controlada por tiempos prolongados
- ✗ El uso de aguas sucias para este proceso

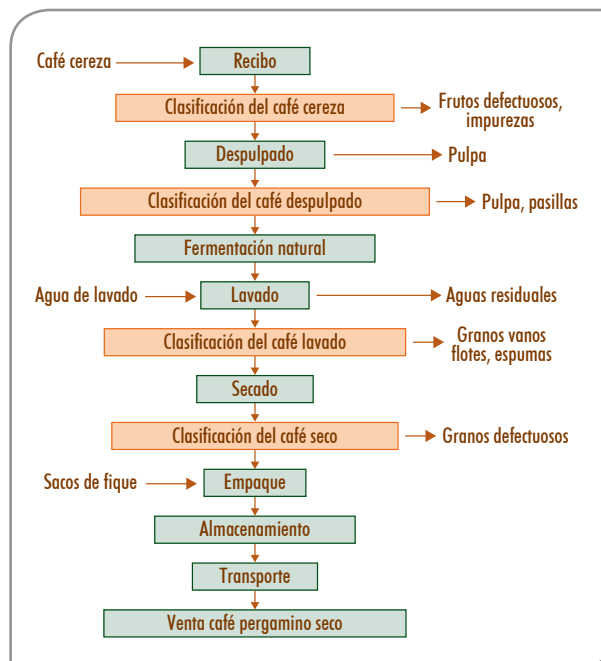


Figura 9.

Flujo del proceso de beneficio controlado del café (Fuente: Puerta, 2006c).

Mediante la fermentación del café se pueden producir bebidas con aromas y sabores especiales, dulces, cítricos, frutales y tostados, aunque también defectos y sabores desagradables como vinagres, agrios, podridos y terrosos; la diferencia entre estas calidades está en las condiciones, tiempo, controles y el proceso (Figura 10). Para evitar el desarrollo de defectos en la fermentación del café se requiere de controles sistemáticos.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en la fermentación

- Usar tanques y recipientes limpios, de materiales inertes, superficies lisas y de bordes redondeados que puedan lavarse fácilmente. No se recomiendan fermentadores de madera, ni de metales que se corroan, debido al medio ácido; tampoco superficies que desprendan pinturas. Es necesario mantener en buen estado y funcionamiento los desagües y sellos o tapones. La capacidad de los tanques de fermentación debe ajustarse a la producción de café en la finca.
- Realizar la recolección selectiva de frutos maduros y la separación con zarandas de todas las impurezas del grano en baba, antes de la fermentación.
- Fijar el tiempo de fermentación. De esta forma se logra producir café de buena calidad y de características consistentes y además, optimizar los tiempos de los procesos del café en la finca. Para fermentación de sustrato sólido (Sin adicionar agua) se recomiendan de

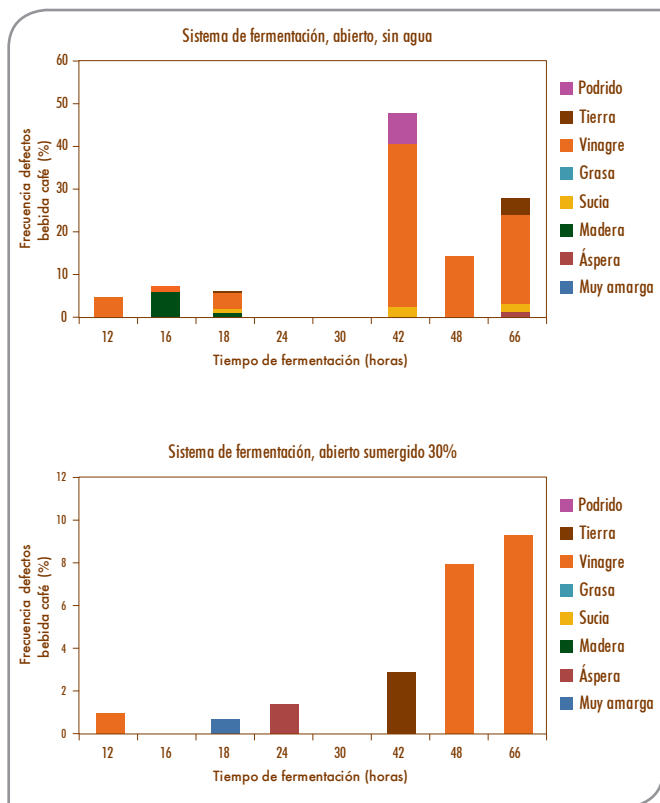


Figura 10.

Defectos en la bebida de café, según el sistema y tiempo de fermentación a 20 °C.

14 a 18 horas; en fermentaciones sumergidas con 30% de agua se puede dejar el café en fermentación hasta 24 horas.

- Implementar mediciones para el seguimiento y control del proceso. Incluyen la determinación del pH, Brix, azúcares, olor, ácidos, acidez. La variación del pH durante la fermentación del café depende de la calidad del grano en baba, del sistema y de la temperatura externa (Tabla 19).
- En la fermentación del café, el pH del mucílago disminuye más rápido en las primeras 20 horas, por la formación y disociación de ácidos, principalmente el ácido láctico que se genera en las fermentaciones lácticas y el ácido acético que se produce en las heterolácticas y en la acetificación del etanol. En general, para los diferentes sistemas de fermentación valores de pH del mucílago fermentado entre 3,7 y 4,1 son adecuados y seguros para interrumpir la fermentación y lavar el café.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el desmucilaginado mecánico

- En la operación del Becolsub se debe asegurar que se remueva completamente el mucílago del grano de café, para evitar su descomposición en el secado, el manchado del grano y la generación de sabores nauseabundos y putrefactos en la bebida de café.

Tiempo de fermentación en horas	Sistema de fermentación							
	sin agua			30% agua			50% agua	
	Clasificado por zaranda				Clasificado por sifón y zaranda			
	22 a 25 °C			22 a 25 °C		17 a 19 °C		
0	5,00	5,23	5,43	5,36	5,41	5,81	5,58	5,66
12	4,07	4,42	4,49	3,92	4,39	4,68	4,52	4,65
14	3,95	4,30	4,37	3,76	4,29	4,54	4,39	4,53
16	3,85	4,18	4,27	3,64	4,20	4,40	4,28	4,42
18	3,76	4,06	4,19	3,54	4,13	4,28	4,19	4,31
20	3,68	3,95	4,11	3,47	4,07	4,17	4,11	4,22
22	3,62	3,84	4,05	3,44	4,04	4,07	4,04	4,15
24	3,56	3,74	4,00	3,43	4,02	3,99	4,00	4,08
26	3,52	3,63	3,97	3,45	4,02	3,91	3,96	4,03
28	3,49	3,53	3,94	3,50	4,04	3,85	3,94	3,99
30	3,48	3,44	3,93	3,58	4,07	3,80	3,94	3,96

Tabla 19.

Variación del pH del mucílago a través del tiempo de fermentación en sistemas abiertos, sólidos y sumergidos con 30% y 50% de agua, según la temperatura de proceso y la clasificación del café en baba (Fuente: Puerta, 2012).

- El desmucilagador mecánico debe ajustarse para evitar los granos pelados, los cuales cuando no se secan apropiadamente pueden tornarse mohosos y dañar también la calidad de la bebida de café.
- Se debe controlar la cantidad de agua en esta operación, pero proveer la cantidad suficiente para lavar bien el grano de café.
- Los residuos, pulpa, mucílago y lixiviados deben disponerse y tratarse.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el lavado

- En el lavado del café es necesario asegurar que los granos de café procesados por la fermentación, con pectinasas o por desmucilagado mecánico queden limpios de restos de mucílago y ácidos. Por lo tanto, se debe usar suficiente agua limpia, y también disponer las aguas residuales para su tratamiento.
- El agua apropiada para lavar el café es incolora, libre de sedimentos, no tiene olor, ni sabor, presenta pH neutro de 6 a 7, está libre de coliformes fecales, coliformes totales y de hongos. El uso de aguas sucias, que contienen residuos de mucílago, pulpa, tierra o que están contaminadas con químicos, contribuye a la generación de defectos vinagres, agrios, sucios y químicos que deterioran la calidad de la bebida.
- Se debe calcular la cantidad de agua necesaria para el lavado del café y realizar la operación en varios enjuagues, con el fin de efectuar un adecuado lavado de los granos y no malgastar, ni contaminar agua. Así:

Para el lavado de café fermentado en sustrato sólido

- Drenar las mieles, estimar la cantidad total de agua para lavar, 2,0 L.kg⁻¹ café en baba.
- Lavar en cuatro enjuagues sucesivos. 1. Adicionar el 30% del agua, agitar, retirar impurezas y eliminar; 2. Adicionar 20% del agua, agitar y eliminar; 3. Agregar 20% del agua, agitar y eliminar; 4. Agregar 30% del agua, agitar, eliminar y retirar impurezas, vanos y flotes.
- Escurrir los granos de café y extenderlos inmediatamente en los secadores, en capas delgadas.
- Disponer y tratar las mieles y aguas residuales.

Para el lavado de café de fermentaciones de sustrato sumergido

- Retirar las aguas mieles del grano, estimar la cantidad de agua para lavar, 1,7 L.kg⁻¹ café en baba.
- Lavar en cuatro enjuagues sucesivos, así:

1. Adicionar el 30% del agua, agitar, retirar impurezas y eliminar; 2. Adicionar 20% del agua, agitar y eliminar; 3. Agregar 20% del agua, agitar y eliminar; 4. Agregar 30% del agua, agitar, eliminar y retirar impurezas.

- Escurrir los granos de café y extenderlos en los secadores, en capas delgadas.
- Disponer y tratar las mieles y aguas residuales.

Secado

El proceso de secado del café es una etapa crítica del beneficio, debido a que después de contaminarse el grano de café con mohos, con la OTA (Ocratoxina A) o con humos, los daños son irreversibles y no se conoce una medida para reducir este deterioro a niveles admisibles.

El valor de la actividad del agua (aw) indica la cantidad de agua libre disponible para que ocurran cambios microbiológicos, químicos y físicos en un alimento y, por lo tanto, indica su estabilidad durante el almacenamiento. En general, un alimento con actividad del agua inferior a 0,7 es estable a la mayoría de las causas de deterioro físico, químico o biológico; por debajo de 0,6 es muy estable al deterioro por microorganismos.

Mediante el secado del café se disminuye la cantidad de agua del grano y su actividad del agua. Esto corresponde a reducir la actividad del agua desde 0,97 a 0,98 del café pergamino lavado y escurrido, un producto perecedero, hasta 0,60 a 0,67 del pergamino seco.

La relación entre la humedad del grano de café pergamino y su actividad del agua se muestra en la Figura 11. Una humedad del 12% del grano de café corresponde a un valor de 0,67 (Línea naranja), el cual es un valor seguro para prevenir el deterioro. Café con un valor por encima de 0,77 contiene humedad superior a 18% (Línea amarilla), límites favorables para el crecimiento de muchos hongos incluido *Aspergillus ochraceus*. Los valores óptimos para la producción de la OTA por *Aspergillus ochraceus* se presentan para entre 0,83 y 0,87 que corresponden a humedad del grano entre 18% y el 28% (Línea verde).

Así, el café pergamino debe secarse con el fin de controlar su daño por hongos y micotoxinas, para evitar aplastamiento del grano en la trilla y también para obtener buenas características sensoriales en la tostación. Para humedad del grano de café pergamino superior a 12,5% se presentan daños físicos como pergamino manchado y decoloración de la almendra, y también defectos en la bebida como sabores a sucio, mohoso, terroso.

El secado del café depende de muchos factores como: Las condiciones ambientales durante el proceso; la calidad del café a secar, como pergamino seleccionado, no seleccionado o frutos pasillas; la superficie del secador (Madera, cemento, malla), la carga y capa de secado y los controles y prácticas aplicadas.

En consecuencia, el secado del café requiere de un apropiado control para obtener un producto inocuo y de buena calidad física y sensorial. Este control se alcanza mediante la aplicación de BPA que incluye capacitación del personal del beneficiadero, diseño, ubicación y operación de los secadores y el control de la calidad del producto.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el secado al sol

Condiciones ambientales. Utilizar tecnologías de secado acordes a las condiciones climáticas como la temperatura ambiente, el brillo solar y los días de lluvia predominantes en la región; estimar el tiempo requerido para que el secado se complete y planificar el almacenamiento del café pergamino seco.

La tasa de evaporación del agua, desde el grano de café a la atmósfera, depende de la disponibilidad de radiación solar (Brillo solar). Para café pergamino húmedo, en capas de 2 cm, se requieren de 35 a 45 horas de brillo solar para alcanzar la humedad del 10% al 12% (Figura 12); y en

Consideraciones prácticas
Para el secado al sol se debe colocar máximo 20 kg de café pergamino húmedo por cada metro cuadrado de área (capas de 3 cm) y durante los primeros 3 días revolver el grano con rastrillos cada 3 a 4 horas. Después del cuarto día de secado se recomienda revolver el café al menos dos veces al día, hasta el secado final. La temperatura del aire de secado en secadores mecánicos no debe superar los 50 °C y las cargas y flujos deben ser acordes al diseño.

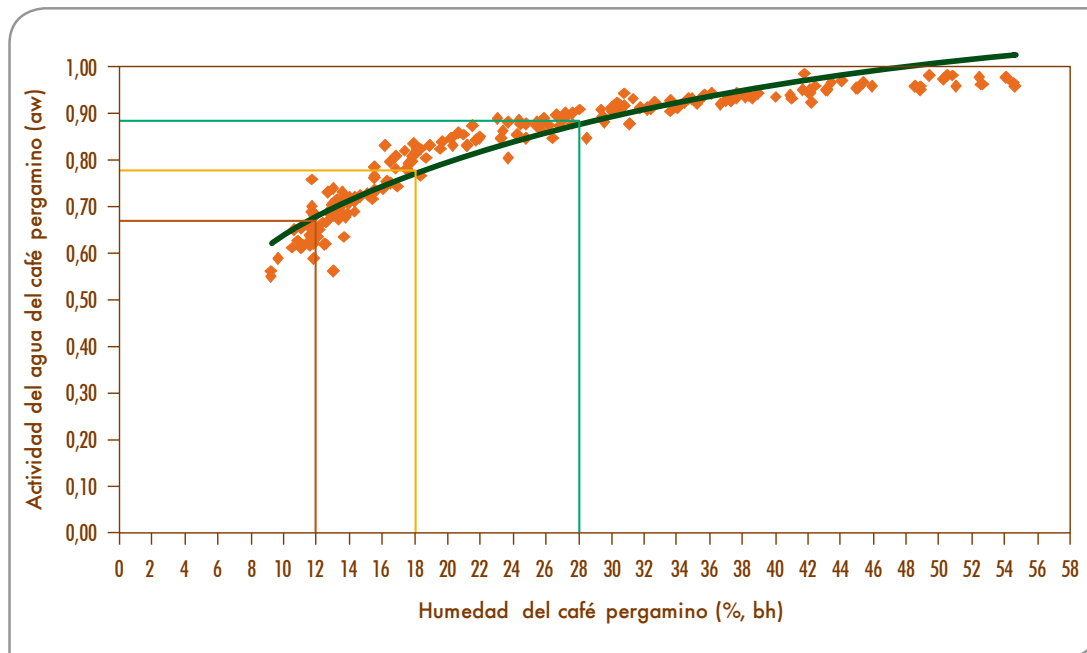


Figura 11.

Relación entre la actividad del agua y la humedad del café pergamino en secado. (Fuente: Puerta 2006b).

general, entre 5 y 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar de secado del café (Figura 13).

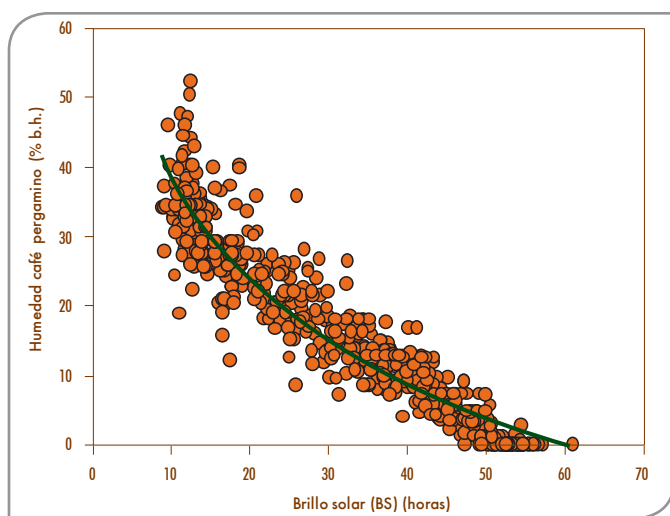


Figura 12.

Relación entre la humedad del grano en base húmeda y las horas de brillo solar requeridas para el secado de café pergamino en capa 2 cm (Fuente: Puerta, 2006b).

El café secado en condiciones favorables de brillo solar y en tiempo seco presenta una coloración amarilla uniforme y la bebida es de muy buena calidad, siempre y cuando se hayan llevado a cabo las buenas prácticas en todas las operaciones de cultivo, recolección y beneficio. Por el contrario, un café secado en condiciones ambientales muy húmedas o en capas muy gruesas, tiene al final una apariencia de grano pálido y grisáceo, con mal olor, se enmohece, se aplasta en la trilla y la bebida revela defectos como sucio, áspero, mohoso y terroso.

Calidad y carga de café a secar. Cuando el secador solar se carga con capas de 2 cm de café pergamino húmedo (13 kg.m²) y al mismo tiempo el ambiente está seco y soleado, el secado toma de 6 a 8 días y el grano de café solo permanece un día en condiciones favorables para el daño por mohos, mientras que con capas superiores a 4 cm de café secado al sol en períodos lluviosos, propios de la cosecha en la zona central, se requirieron de 16 a 34 días y los días críticos se incrementan a cuatro.

Por otra parte, para capas de café de 2 cm, a la sombra y en época lluviosa, el secado requiere hasta de 34 días, de éstos 5 días está en riesgo para la producción de la OTA y de 20 a 30 días en condiciones favorables para la proliferación de mohos.

Del mismo modo, el café procesado en época lluviosa por la vía seca (Como las pasillas de finca) requiere cerca de un mes para su secado, así, permanece 20 días en riesgo de crecimiento de los mohos, y por 9 días con humedad entre el 35% y el 18% que son condiciones favorables para la producción de la OTA. También en este tipo de café y condiciones se generan sustancias que dan sabores terrosos, vinagres y *stinker*. En consecuencia, el café pergamino a secar debe estar libre de defectos, pulpas e impurezas.

Trazabilidad. Registrar la procedencia y las condiciones de procesamiento del café que se va a secar y también marcar el secador con la fecha de inicio de secado, la variedad y la parcela de procedencia (Puerta, 2007b).

Personal. Usar guantes y lavarse las manos antes de manipular el café. También debe estar capacitado para

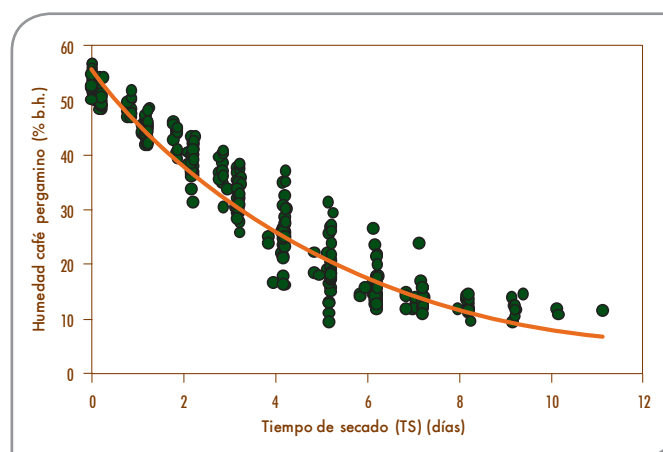


Figura 13.

Relación entre la humedad del grano de café pergamino y el tiempo de secado al sol (Capa 2 cm, secador, parabólico de cemento). (Fuente: Puerta, 2006b).

registrar la trazabilidad del proceso del café, operar los secadores y utilizar los medidores de la humedad del grano.

Diseño de los secadores. Tanto para el secado al sol como mecánico, procurar secadores modulares, con el fin de usarlos según las cantidades de café producidas en las distintas cosechas, preferir secadores con cubierta como los parabólicos o marquesinas que protegen el grano de rehumedecimiento por lluvias. Los secadores mecánicos deben disponer de combustión externa y chimeneas para evitar la contaminación del producto. No deben utilizarse superficies de secado de madera, ni de metales que se oxiden.

Instalación de los secadores. Los secadores solares deben instalarse en lugares ventilados y alejados de cualquier fuente de contaminación y los que tienen superficie de malla deben ubicarse sobre áreas de cemento o piedras, ya que el contacto directo con el suelo no permite el rápido secado. Se recomienda dotar a los secadores del café con medidores de humedad, temperatura, caudal del aire y balanzas. Los combustibles deben rotularse.

Control de las operaciones. Para el seguimiento del secado es necesario registrar el peso, la humedad y las condiciones ambientales predominantes. Se recomienda rotular las áreas de los secadores disponibles, según su uso por días. El secado del café debe iniciarse lo más pronto posible, después de lavado y escurrido (Figura 14).

Mantenimiento. Los equipos y las instalaciones de secado deben revisarse y repararse oportunamente.

Limpieza y control de las contaminaciones. Los secadores al sol deben lavarse y los mecánicos limpiarse periódicamente, con el fin de eliminar el polvo, las partículas de granos y así, controlar la presencia de los mohos. Durante el secado del café se debe prevenir la contaminación de los granos por la lluvia, los insectos como la broca, los combustibles, los animales, los mohos y otros materiales. Se debe evitar que el pergamino del grano de café se rompa o deteriore durante el secado. Los métodos de control de la broca en el secador no deben afectar el proceso de secado, ni la calidad del grano. No se debe apagar el secador mecánico cuando contiene el café todavía húmedo, ya que esta práctica ocasiona defectos, como el contaminado, químico y fenol.

Control de la humedad del grano. Se requiere un plan de evaluación de la humedad del grano durante el secado, con el fin de evitar pérdidas por sobre-secado o por falta de secado. Para el secado al sol se recomienda tomar muestras diariamente después del cuarto día de secado. Para el secado mecánico se pueden tomar muestras cada hora, después de las 12 horas de secado. La humedad

del grano debe ser medida en equipos calibrados para el café pergamino, por personal capacitado. Se deben dejar enfriar los granos de café antes de la medición de su humedad y de su empaque.



Figura 14.

Buenas prácticas en el secado del café.

Comercialización del café húmedo

Este manejo está asociado generalmente a la realización de prácticas inadecuadas en las fincas de procedencia, principalmente en el beneficio; así como, condiciones no adecuadas de empaque y transporte, lo que conlleva a que el grano de café permanezca con contenidos de humedad por encima del 13%, por tiempos prolongados. Adicionalmente, frecuentemente se presentan fallas en los controles en el recibo del café húmedo en los sitios de comercialización (Puerta, 2008b).

Las prácticas inadecuadas incluyen la realización de mezclas de los granos de café despulpados, desmucilaginosos o lavados, dejando los granos en tanques durante varios días, en general, con agua y con residuos de pulpas y frutos, donde el color del agua se torna roja. En algunos casos, diariamente se cambia el agua, en otros casos con menor frecuencia. Todos estos procedimientos inadecuados contribuyen a la generación de granos manchados, decolorados y vinagres, bebidas vinagres, stinker o con sabor a químicos, y cuando se retrasa el secado, granos mohosos y sabores extraños, sucios y terrosos.

Debido a la falta de higiene en los empaques y medios de transporte, y por la permanencia de los granos con humedades no admisibles, en condiciones húmedas y calientes se incrementan los riesgos de contaminaciones química, por mohos y por la OTA. Mientras más daños mecánicos y físicos presenten los granos más susceptibles al deterioro por hongos, insectos y toxinas.

Buenas Prácticas en el empaque

- Los empaques del café seco (sacos de fique o costales) deben estar limpios y en buen estado y deben rotularse con la fecha, variedad, humedad y peso del producto contenido para facilitar la trazabilidad.
- Es necesario llenar y cerrar bien los empaques.

Los empaques húmedos y deteriorados pueden contribuir a la contaminación de los granos y a la proliferación de plagas y mohos.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el transporte

- El transporte del café pergamino debe realizarse en vehículos higiénicos, el producto debe estar empacado y rotulado y además, separado de productos vegetales, de animales y de sustancias químicas como combustibles.
- También es necesario proteger el grano de la lluvia y de la humedad durante la carga, el transporte y el descargue.

Cuando se dan condiciones inadecuadas de transporte, el pergamino se mancha y la almendra se enmohece y se decolora, también puede contaminarse con las sustancias químicas o los mohos, que deterioran la calidad de la bebida y la inocuidad del producto.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en el almacenamiento

- Para el adecuado almacenamiento del café se debe considerar el sitio, el tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento.
- El lugar debe mantenerse a temperaturas frescas (Inferior a 25 °C), con humedad relativa baja (Entre 65% y 75%), y en condiciones higiénicas, ventiladas para disminuir la temperatura y uniformizar la humedad en los granos.
- Los sacos de café se deben almacenar sobre estibas limpias y secas, separado al menos 30 cm del piso, paredes y techos.
- Para evitar contaminaciones del grano, en las bodegas de almacenamiento del café no se deben guardar combustibles, abonos, insecticidas, pinturas, maderas,

frutas o vegetales y deben controlarse periódicamente la presencia de insectos, roedores y animales.

- El café almacenado no debe estar expuesto a la luz directa del sol, ni almacenarse donde haya fuentes o equipos que causen elevación de la temperatura y de la humedad.
- La bodega de almacenamiento debe organizarse según la procedencia del café, su calidad y fecha de beneficio.

El tiempo de almacenamiento del grano depende de la calidad de éste, y de las condiciones del lugar de almacenamiento. La calidad del grano de café sano, seco, con humedad entre el 10% y el 12% puede conservarse hasta por 10 meses, almacenado a temperaturas entre 8 y 15 °C y humedad relativa entre 65% y 70%.

La mayoría de los daños del grano de café durante el almacenamiento se producen por mohos, que proliferan en el grano rico en carbohidratos, cuando los granos de café tienen humedades altas, los ambientes son húmedos, las temperaturas altas y además hay fallas en la higiene de las instalaciones. Los hongos que predominan en el café almacenado corresponden a varias especies de *Penicillium* y también de *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. tamaritii*, *A. versicolor*, *A. glaucus* y algunas especies de *Mucor*.

Estos hongos dañan el tejido de los granos de café, cambian su color a amarillento o negruzco, dejan un aspecto mohoso y olores extraños, desagradables propios a moho. También puede ocurrir la contaminación por la OTA y defectos en la bebida como reposo, mohoso, terroso, sucio y fenol. En resumen, mientras más húmedos y calientes permanezcan los granos de café pergamino o almendra, más rápido será su deterioro por la contaminación por hongos.

Cuando la humedad del ambiente es muy alta, superior a 75%, y las temperaturas superiores a 25 °C, con el tiempo los granos adsorben esta humedad y la bebida de café presenta defectos reposo, sucio y fenol.

Se ha observado que el café en almendra está más expuesto a deterioro que el café pergamino, ya que el pergamino y la película plateada son capas impermeables al agua que protegen la calidad del café almacenado.

Por otra parte, los lípidos del grano de café se oxidan en condiciones de oxígeno, luz, altas temperaturas y presencia de enzimas y metales catalizadores, y así se producen aldehídos, cetonas, alcoholes con olores desagradables, como el rancio. Por esto, durante el almacenamiento, el grano de café no debe recibir luz directa, y en el caso del café tostado y molido se debe evitar la exposición al oxígeno.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en la trilla y selección

En la trilla del café se retira el endocarpio del café pergamino seco para obtener los granos de café en almendra, los cuales seguidamente se clasifican por tamaño, peso y color, además se retiran los granos dañados y deteriorados. De estas operaciones se obtienen los cafés excelsos, los granos intermedios (Consumo y pasillas) y los rípios, impurezas y ciscos (FNC, 1998). El café Excelso de exportación se clasifica en: Excelso UGQ, Excelso Caracol, Excelso Premium, Excelso Supremo, Excelso Extra y Excelso Maragogípe (FNC, 2004).

- Se deben rechazar lotes o costales de café pergamino cosidos con alambre, infestados con gorgojos, húmedos y con hongos.
- Se deben retirar materias extrañas como palos, piedras, cabuyas, papeles.
- Se deben trillar granos de café en estado óptimo de humedad para evitar granos aplastados, astillados y partidos.
- Todos los equipos deben mantenerse limpios y en buen estado de funcionamiento.
- Se deben ajustar los equipos de acuerdo con el contenido de impurezas del café, el tamaño de las cribas y el tipo de grano.
- Las personas que realizan la selección manual de los defectos deben estar debidamente capacitadas. Debe procurarse buena luz en esta operación.

Tostación y molienda

La tostación del café es un proceso que depende de la temperatura, del tiempo, de la tecnología del equipo tostador y de la carga; en general, los granos se tuestan durante 6 a 15 minutos. Según el grado

de tostación, los granos de café tostado presentan diferentes características en el color, aspecto, volumen, densidad, pérdida de peso y cambios en la composición química que producen diferentes sabores y aromas.

En la torrefacción se desarrollan diversas reacciones entre los componentes del grano de café almendra, mediante la acción del calor. Entre estos cambios se destacan la desecación, la caramelización de la sacarosa, la degradación de aminoácidos, la reacción de *Maillard*, la despolimerización de carbohidratos, las oxidaciones de los lípidos y ácidos clorogénicos, la formación de ácidos, el cambio de la coloración del grano de verde a marrón y la producción de compuestos volátiles y de las melanoidinas.

En la tostación se pierde peso por la evaporación del agua y por los volátiles y CO₂ formados. Estas pérdidas de peso en la tostación se miden en porcentaje. Una tostación grado bajo corresponde a pérdidas de peso inferiores a 14%, media entre 14% y 17% y altas por encima de 17%.

La intensidad de las propiedades organolépticas de la bebida de café varía con el grado de tostación así: A mayor grado se intensifican el amargo y el cuerpo y se disminuye la acidez de la bebida (Figura 15). Las mezclas de las variedades de café Arabica de Colombia preparadas en una tostación media presentan características sensoriales muy buenas, equilibradas y suaves.

Los hongos y microorganismos del grano de café se mueren con el calor en la tostación, sin embargo, no toda la OTA del grano se degrada. Por el contrario, los defectos fenol y vinagre producidos en el cultivo o beneficio sí se sienten desde el aroma del café tostado.

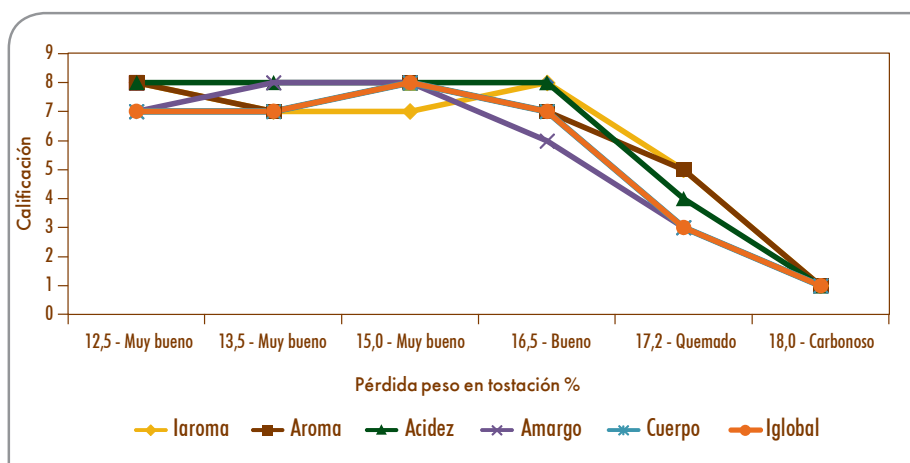


Figura 15.

Calificación y descripción de la calidad de la bebida de café variedad Colombia, según la pérdida de peso en la tostación (Escala de 9 puntos. 9-7 calidad superior; 6-4 calidad media; 3-1 rechazo).

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en la tostación

- Se requiere determinar con anterioridad las condiciones de tostación y el grado de tostado requerido, según el tipo de preparación de la bebida.
- Se deben tostar granos de café en almendra, clasificados según tamaño, y retirarle los defectos para lograr uniformidad en la torrefacción.
- Se recomienda precalentar el tostador a temperaturas entre 210 y 230 °C.
- Durante la tostación del café se produce una expansión de los granos que produce unas explosiones, conocidas como crepitaciones, a medida que cambia la densidad y color del grano. Es necesario que los operarios de la tostación se capaciten y familiaricen con estos fenómenos, para lograr una tostación óptima y el buen desarrollo de los sabores y aromas del café tostado.
- Las tostaciones en grados altos producen bebidas quemadas, con amargos y cuerpos muy fuertes y desagradables, mientras que cuando no se tuesta el tiempo necesario, las bebidas de café resultan insípidas y aguadas, y el color del grano tostado es canela o marrón muy claro.
- Se requiere proveer buena iluminación, aireación y protección a los combustibles en el área de la tostación del café.
- Los equipos tostadores de café deben contar con sistemas de eliminación y recolección de la película plateada y de los gases de escape, para evitar contaminación del ambiente.

Molienda del café



El café tostado debe molerse para aumentar el área superficial de contacto con el agua y así facilitar la extracción de los compuestos del aroma y sabor. Mientras más finas las partículas, más rápida es la velocidad en la preparación de la infusión. El tamaño de la molienda está determinado por el método y equipo de preparación.

En general, el molido grueso (tamaño de 1 mm) se aplica para percoladores de café domésticos, el molido medio (0,5 mm) para cafeteras de goteo y el molido fino (menor a 50 micras) para preparaciones espresso (Peláez y Moreno, 1991; FNC, 1998).

El café molido debe empacarse y protegerse de la humedad y del oxígeno para evitar el defecto a rancio.

Consideraciones prácticas

Durante la molienda, almacenamiento y preparación del extracto de la bebida de café se pierde gran parte de los compuestos volátiles producidos en la tostación, por esta razón, se requiere de empaques herméticos y condiciones de almacenamiento frescas y secas para conservar el producto hasta su consumo.

Buenas Prácticas para asegurar la calidad del café en la preparación de la bebida

En la preparación del café se extraen con agua caliente los compuestos solubles que dan el sabor, cuerpo, acidez, amargo y dulzor a la bebida de café. El sabor de la bebida de café varía según el grado de tostación, el tamaño de la molienda, la relación de café-agua, la temperatura del agua, el tipo de preparación y el tiempo que se deja la bebida hasta su consumo.

Hay varios métodos de preparación del café como cafetera de émbolo, cafetera automática de filtro, el filtro de papel o de tela, el espresso y capuchino, entre otros (FNC, 2000).

- Todos los equipos y materiales de preparación como filtros, jarras, tazas, pocillos, copas, cucharas, deben estar limpios.
- Se recomienda estandarizar los grados de tostación, molienda y la cantidad de café en relación a la cantidad de agua, según el tipo de preparación.
- La preparación del café se debe hacer con agua limpia, fresca y caliente.
- Las partículas de café agotado (Borra o cuncho) se deben separar por filtración o por sedimentación.
- Descarte los filtros ya utilizados.
- No pase nuevamente la bebida por el café ya agotado, porque la bebida se vuelve amarga y adquiere un sabor muy desagradable.
- No guarde la bebida de café preparada más de una hora.
- No recaliente ni hierva la bebida de café.

Recomendaciones prácticas

- El caficultor debe conocer las Buenas Prácticas que se aplican durante el proceso de postcosecha y en la comercialización del café, puesto que en estas etapas se puede perder la calidad y todo el esfuerzo y labores realizadas en el cultivo.
- Conocer estos temas de calidad, le brinda argumentos para exigir la garantía en el proceso una vez su café ha sido producido.
- En Colombia, el proceso de beneficio es un punto clave para asegurar la calidad e inocuidad del café.

Literatura citada

- ACE. What is cup of excellence?. [En línea]. Oregon: ACE, 2012. Disponible en Internet: <http://www.allianceforcoffeexcellence.org/en/cup-of-excellence/>. Consultado en abril 2013.
- ALVARADO A., G.; MORENO G., E.; MONTOYA R.; E.C.; ALARCÓN S., R. Calidad física y en taza de los componentes de la variedad Castillo® y sus derivadas regionales. *Cenicafé* 60(3):210-228. 2009.
- ALVARADO A., G.; PUERTA Q., G.I. La variedad Colombia y sus características de calidad física y en taza. Chinchiná: CENICAFÉ, 2002. 12 p. (Avances Técnicos No. 303).
- CLARKE, R.J.; VITZTHUM, O.G. *Coffee recent developments*. Inglaterra : Blackwell science, 2001. 257 p.
- FNC. Resolución número 5 de 2002. [En línea]. Bogotá : Comité nacional de cafeteros, 2005. Disponible en Internet: [http://www.cafedecolombia.com/static/files/Resolucion%205%20de%202002%20\(Calidades%20Exportacion\).pdf](http://www.cafedecolombia.com/static/files/Resolucion%205%20de%202002%20(Calidades%20Exportacion).pdf). Consultado en abril 2013.
- FNC. *Café: Generalidades de su proceso*. Bogotá : FNC, 1998. 325 p.
- FNC. *Manual de preparación de café*. Bogotá : FNC, 2000. 24 p.
- FNC. *Aprenda a vender su café: Cartilla educativa*. Bogotá : FNC, 2004. 14 p.
- FNC. *Del pergamino al grano verde: La gestión de trillas como generadora de valor comercial*. Bogotá : FNC, 2004. [En línea]. Disponible en Internet: http://www.cafedecolombia.com/cci-fnc-es/index.php/comments/del_pergamino_al_grano_verde_la_gestion_de_trillas_como_generadora_de_valor. Consultado en abril de 2013
- FNC. *Precio interno del café*. [En línea]. Bogotá : FNC, 2013. Disponible en Internet: http://www.federacióndecaseteros.org/static/files/precio_cafe.pdf. Consultado en abril de 2013.
- FLAMENT, I.; BESSIÈRE T., Y. *Coffee flavor chemistry*. Inglaterra : John Wiley sons, 2002. 410 p.
- HOLSCHER, W.; VITZTHUM, O.G.; STEINHART, H. *Identification and sensorial evaluation of aroma-impact-compounds in roasted colombian coffee*. Francia : *Café cacao thé* 34(3): 205-212. 1990.
- ILLY, A.; VIANI, R. *Espresso coffee: The science of quality*. Ámsterdam : Elsevier, 2005. 398 p.
- JARAMILLO R., A. *Clima andino y el café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 192 p.
- MARÍN G., C.; PUERTA Q., G.I. *Contenido de ácidos clorogénicos en granos de Coffea arabica L. y C. canephora, según el desarrollo del fruto*. *Cenicafé* 59(1):07-28. 2008.
- MONTOYA R., E.C. *Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida*. *Cenicafé* 50(4):245-258. 1999.
- FAO. *Reducing ochratoxin in coffee*. [En línea]. Roma : FAO, (s.f.). Disponible en Internet: <http://www.coffee-ota.org/training.asp>. Consultado en octubre de 2005.
- PELÁEZ R., A.; MORENO G., E. *Vademécum del tostador colombiano*. Bogotá : LIQC, 1991. p.v.
- PUERTA Q., G.I. *Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde Coffea arabica procesado por vía húmeda*. *Cenicafé* 47(4):231-234. 1996.
- PUERTA Q., G.I. *Calidad en taza de las variedades de Coffea arabica L. cultivadas en Colombia*. *Cenicafé* 49(4):265-278. 1998.
- PUERTA Q., G.I. *Influencia del beneficio en la calidad del café*. *Cenicafé* 50(1):70-88. 1999.
- PUERTA Q., G.I. *Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2000. 8 p. (Avances Técnicos No. 276).
- PUERTA Q., G.I. *Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida*. *Cenicafé* 51(2):136-150. 2000.
- PUERTA Q., G.I. *Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie Coffea arabica L.* *Cenicafé* 51(1):5-19. 2000.
- PUERTA Q., G.I. *Cómo garantizar la buena calidad de la bebida y evitar los defectos*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 284).
- PUERTA Q., G.I. *Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003a. 8 p. (Avances Técnicos No. 316).

- PUERTA Q., G.I. *Prevenga la ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2003b. 8 p. (Avances Técnicos No. 317).
- PUERTA Q., G.I. *Quality and safety of coffee processed by the wet method and dried in solar dryers: Workshop improvement of coffee quality through prevention of mould growth.* Chinchiná : CENICAFÉ : FNC : CFC : FAO, 2005. 1 p.
- PUERTA Q., G.I. *Buenas prácticas agrícolas para el café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 12 p. (Avances Técnicos No. 349).
- PUERTA Q., G.I. *La humedad controlada del grano preserva la calidad del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2006a. 8 p. (Avances Técnicos No. 352)
- PUERTA Q., G.I. *Sistema de aseguramiento de la calidad y la inocuidad del café en la finca.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2006b. 8 p. (Avances Técnicos No. 351).
- PUERTA Q., G.I. *Estudios de calidad del café de Colombia, según la altitud y los suelos del cultivo: Informe anual de actividades.* Chinchiná : CENICAFÉ. 2007. 87 p.
- PUERTA Q., G.I. *Registro de la trazabilidad del café en la finca.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 355).
- PUERTA Q., G.I. *Calidad en taza de mezclas preparadas con granos de Coffea arabica L. y C. Canephora.* Cenicafé 59(3):183-203. 2008.
- PUERTA Q., G.I. *Riesgos para la calidad por la comercialización de café pergamino húmedo.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 4 p. (Avances técnicos No. 373).
- PUERTA Q., G.I. *Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 8 p. (Avances Técnicos No. 371).
- PUERTA Q., G.I. *Los catadores de café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2009. 12 p. (Avances Técnicos No. 381).
- PUERTA Q., G.I. *Efecto de enzimas pectolíticas en la remoción del mucílago de Coffea arabica L. según el desarrollo del fruto.* Cenicafé 60(4):291-312. 2009.
- PUERTA Q., G.I. *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 12 p. (Avances Técnicos No. 402).
- PUERTA Q., G.I. *Rendimientos y calidad de Coffea arabica L., según el desarrollo del fruto y la remoción del mucílago.* Cenicafé 61(1):67-89. 2010.
- PUERTA Q., G.I. *Composición química de una taza de café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 12 p. (Avances Técnicos No. 414).
- PUERTA Q., G.I. *Factores, procesos y controles en la fermentación del café.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 12 p. (Avances Técnicos No. 422).
- PUERTA Q., G.I.; ACEVEDO N., M.; ARANGO G., A.M. *Informes de resultados del proyecto cuantificación de ochratoxina A en café verde y tostado: Informe anual de actividades.* Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. p.v.
- PUERTA Q., G.I.; GALLEGOS A., C.P. *Informes del proyecto mejoramiento de la calidad del café por medio de la prevención de formación de mohos: Informe anual de actividades.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. p.v.
- PUERTA Q., G.I.; GALLEGOS A., C.P. *Quality and safety of coffee processed by the dry method at sun: Workshop improvement of coffee quality through prevention of mould growth.* Chinchiná : CENICAFÉ : FNC : CFC : FAO, 2005. 1 p.
- PUERTA Q., G.I.; GALLEGOS A., C.P.; HINCAPIÉ V., K.A. *Informes del proyecto estudio de la calidad y la composición química del café cultivado en Colombia, según los suelos y la altitud del cultivo: Informe anual de actividades.* Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. p.v.
- SCAA. *Cupping protocols.* [En línea]. California : SCAA, 2009. Disponible en Internet: <http://www.scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols>. Consultado en abril de 2013.

Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café

Nelson Rodríguez Valencia; Diego Antonio Zambrano Franco;
César Augusto Ramírez Gómez

En el proceso del café se estima que menos del 5% de la materia vegetal generada se aprovecha en la elaboración de la bebida, el resto queda en forma residual, representado en materiales fibrosos como hojas, ramas y tallos, generados en el proceso de renovación de los cafetales; frutos verdes que se caen durante la recolección o que se retiran de la masa de café recolectado; pulpa y mucílago producidos en el proceso de beneficio del fruto; la cascarilla generada en la etapa de trilla, y la borra o ripio que se genera en las fábricas de producción de café soluble y cuando se prepara la bebida a partir del grano tostado y molido.

Todo este material vegetal, si no se maneja y dispone de forma apropiada, se convierte en fuente de contaminación de los recursos naturales presentes en la zona cafetera.

Cenicafé, ha investigado diferentes prácticas y procesos para el manejo, tratamiento y valorización de estos residuos, de forma que se logre evitar impactos ambientales adversos en el ecosistema cafetero, y que se puedan generar, a partir de estos residuos, procesos de producción limpia que le permiten a los productores alcanzar la certificación de sus fincas y comercializar su café con un valor agregado.



Generalidades

La oferta hídrica *per cápita* accesible, en nuestro país, se está viendo influenciada por el fenómeno del calentamiento global, por el crecimiento en la demanda en zonas con déficit hídrico y por acciones antropogénicas como la deforestación, el cambio en el uso del suelo y los vertidos de contaminantes a las fuentes de agua, lo que hace que se presenten dificultades en la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial a nivel regional y local. La actividad agrícola contribuye a cambiar directamente la oferta hídrica de una zona, cuando vierte directamente las aguas residuales del proceso productivo a las fuentes de agua, o indirectamente a través de las emisiones de gases con efecto invernadero (Básicamente óxidos de carbono, nitrógeno y metano), provenientes de la descomposición aeróbica o anaeróbica de la materia orgánica constitutiva de los residuos de la cosecha.

La caficultura, hasta hace menos de 20 años, no estuvo exenta de generar estos impactos negativos al medio ambiente. En el proceso del beneficio del café se utilizaban más de 40 L de agua para producir 1,0 kg de café pergamino seco, y el agua residual generada era vertida sobre las fuentes de agua, afectando su disponibilidad para el uso posterior del recurso y acabando con la vida acuática presente en los cuerpos de agua.

De igual manera, la pulpa de café era arrojada a las quebradas o dispuesta a campo abierto para que sufriera los procesos naturales de descomposición, generando un cambio en el pH del suelo y una descompensación de nutrimentos en el mismo, a la vez que se convertía en potencial contaminante de las aguas superficiales, cuando las lluvias lixiviaban parte de sus componentes, ante lo cual se determinó la necesidad de la valorización de los subproductos del café (Figura 1), como materias primas para la elaboración de nuevos productos.

En las décadas de 1950 a 1970, en Cenicafé se realizaron investigaciones tendientes a valorizar los subproductos del café, entre las que se encuentran la utilización de la pulpa y el mucílago de café para: La producción de levaduras alimenticias (Calle, 1951), alcohol (Calle, 1951), colorantes (Calle, 1955), biogás (Calle, 1955; Calle, 1974), abono orgánico (López y Calle, 1956; Parra y Calle, 1967), aceites (Calle, 1960), pectinas (Calle, 1962), miel de café (Valencia y Calle, 1968), alimentos para animales (Buitrago *et al.*, 1970) y baterías eléctricas (Calle, 1973; Calle 1977).

Sin embargo, aspectos como el tipo de beneficio utilizado en la época, uso de agua en el proceso de despulpado y fermentación natural del mucílago, la alta dispersión en la generación de los subproductos y las bajas cantidades de subproductos por hectárea, no favorecieron la adopción de los resultados de las investigaciones.



Figura 1.

Subproductos del café.

A partir de 1984 y hasta la fecha, las investigaciones de Cenicafé se intensificaron en el manejo integral del agua utilizada en el proceso de beneficio, lo que involucró el diagnóstico de la contaminación generada en el proceso (Zambrano y Zuluaga, 1993; Zuluaga y Zambrano, 1993), el balance de materia en términos de contaminación orgánica, en el proceso de beneficio húmedo del café, la racionalización del agua limpia utilizada en el proceso (Álvarez, 1991; Zambrano, 1993, Roa *et al.*, 1999), el tratamiento primario, secundario (Zambrano *et al.*, 1999; 2006; 2010) y postratamiento de las aguas residuales generadas (Rodríguez, 2009) y la utilización integral de los subproductos para generar productos de valor agregado (Dávila y Ramírez, 1996; Rodríguez y Jaramillo, 2005).

Modelo integral de manejo del agua en el beneficio del café

El café colombiano lleva implícita una característica de calidad, que se asocia al proceso húmedo de los frutos, donde inevitablemente se requiere de la utilización de agua, que lo enmarca dentro de la categoría conocida como “**café suaves lavados**”.



Bajo este aspecto es indudable pensar que, si se requiere del agua para beneficiar el fruto de café y transformarlo en café pergamino seco, el uso de la misma se debe asumir con responsabilidad ambiental, lo cual se logra adoptando tecnologías que enmarquen el producto dentro de un sistema productivo amigable con la naturaleza.

En este orden de ideas:

- **El despulpado y transporte de la pulpa sin agua a fosas techadas, indudablemente se constituye en la acción ambiental preventiva más importante**, ya que esta sola práctica evita que el 72% de la contaminación potencial de los subproductos del beneficio húmedo del café llegue a las fuentes hídricas a través de la pulpa, perdiéndose la posibilidad de transformarla y darle valor agregado.
- **El 28% restante de la contaminación la genera el mucílago, y su disposición se orienta hacia el tratamiento utilizando Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA)**, en pequeñas y medianas fincas cafeteras, que remueven el mucílago por fermentación natural y utilizan el tanque tina para lavar el grano, con consumos de agua entre 4 y 5 L.kg⁻¹ de c.p.s (Zambrano et al., 2010); **esta práctica deberá acompañarse con un postratamiento**, que permita atenuar el impacto ambiental sobre los organismos acuáticos e incrementar las eficiencias de remoción de la contaminación orgánica del agua residual (Rodríguez, 2009), desde 80% con sólo SMTA, hasta cerca del 95% utilizando humedales artificiales con macrófitas acuáticas.
- **Para productores cafeteros grandes que utilizan el desmucilaginado mecánico y la mezcla del mucílago con la pulpa, se hace necesaria la utilización de los Sistemas de Tratamiento Primario para Lixiviados provenientes del Becolsub (STLB)** (Zambrano y Cárdenas, 2000), que permiten disminuir la carga orgánica de las aguas residuales hasta valores que permitan su tratamiento posterior, utilizando el SMTA como tratamiento secundario (Zambrano, 2006), y un postratamiento en serie con macrófitas acuáticas en humedales artificiales (Rodríguez, 2009).

Modelo integral de manejo de los subproductos

Este modelo involucra la utilización de la pulpa de café para la producción de etanol, la utilización de la pulpa residual para el cultivo de hongos comestibles y la utilización de la pulpa residual del cultivo de los hongos para la producción de abono orgánico. Las vinazas generadas en el proceso de obtención de etanol se tratan por digestión anaerobia para producir biogás.

De esta forma, a partir de los subproductos del café se puede generar energía renovable (Bioetanol y biogás), alimentos para consumo humano (Hongos), alimento para consumo animal (Lombrices) y abono orgánico, en forma secuencial y en armonía con el ecosistema cafetero.

Subproductos del proceso de la trilla, como es el caso del cisco de café, tiene su utilización como combustible directo en el secado mecánico del café, al igual que los

tallos del café provenientes del proceso de renovación de los cafetales. De igual forma, estos materiales pueden utilizarse para la producción de hongos comestibles y medicinales, y sus subproductos siguen manteniendo el valor energético como combustible.

Consideraciones prácticas

La producción de café con un mínimo de residuos es una práctica que puede ser utilizada por las más de 560.000 familias productoras del grano.

Dependiendo del tamaño de sus fincas, algunos productores podrán hacer un aprovechamiento más integral de los subproductos, pero en todos los casos, la meta de minimizar los residuos puede ser alcanzada. En términos generales, los pequeños productores cafeteros con menos de media hectárea en café, que representan el 64% de los caficultores colombianos, pueden utilizar la pulpa de café para la producción de abono orgánico, los productores medianos la pueden utilizar para la producción de hongos comestibles y el residuo de este proceso, lo pueden emplear para la producción de abono orgánico, y finalmente los grandes productores pueden obtener bioetanol, biogás, hongos comestibles y abonos orgánicos, de manera secuencial.

De igual manera sucede con el manejo de las aguas residuales que se producen durante el proceso de beneficio húmedo del fruto del café, que son biodegradables, pero poseen características fisicoquímicas particularmente agresivas con el medio ambiente: pH bajo, acidez alta, concentración de materia orgánica alta, que corresponde a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domésticas. Los pequeños productores pueden tratar sus aguas en un SMTA, los medianos requieren de un SMTA y un lecho de postratamiento, y en las fincas grandes cafeteras que mezclen la pulpa con el mucílago, se pueden instalar sistemas STLB, seguidos de un SMTA y de un lecho de postratamiento.

Contaminación generada en el proceso convencional de beneficio húmedo de café

El beneficio convencional es el proceso que tradicionalmente se ha utilizado en Colombia para transformar el fruto en café pergamino, en el cual se utiliza agua en las etapas de despulpado y de lavado, con un consumo global cercano a los 40 L de agua por cada kilogramo de café pergamino seco obtenido.

En los esquemas convencionales de los procesos agrícolas e industriales, es común encontrar en algunos casos, un uso irracional y desmedido del agua, lo que ocasiona problemas ambientales que se llegan a tornar graves, como es el caso del beneficio convencional de café. En todos los procesos en los que se hace necesario utilizar agua para obtener los productos que se van a comercializar, es preciso generar estrategias para el uso eficiente de la misma y para el manejo apropiado de las aguas residuales que se generan, de forma que los efluentes o aguas de salida del proceso no impacten negativamente el ecosistema.

En 1984, en Cenicafé, se inició con la búsqueda del desarrollo o adaptación de una tecnología a nivel de finca cafetera, para el tratamiento de las aguas residuales del proceso de beneficio, que cumpliera con la legislación ambiental vigente en el decreto 1594 de 1984.

Una de las primeras etapas fue **la elaboración de un diagnóstico de contaminación en el proceso de beneficio del café**, con el fin de generar el planteamiento de soluciones racionales, considerando la utilización de agua en el proceso, la calidad del café obtenido, el costo de la infraestructura física, el uso o disposición de subproductos y el control de la contaminación generada.

Diagnóstico de contaminación del proceso de beneficio húmedo del café

En el proceso convencional de beneficio se utilizan entre 40 y 50 L de agua por kilogramo de café pergamino seco, cantidades de agua limpia que terminan siendo contaminadas en los beneficiaderos.

- **En estudios de Cenicafé se encontró que la pulpa de café representa el 73,7% de la contaminación potencial de los subproductos del beneficio, y llega a perder cerca de la mitad de su equivalente en peso seco, durante el despulpado de los frutos con agua y el transporte hidráulico hasta las fosas de**

descomposición, generando graves problemas de contaminación hídrica (Zambrano e Isaza, 1998).

- **El 26,3% restante de la contaminación la constituye el mucílago fermentado**, cuya fracción soluble representa el 80% de la misma, por lo cual es necesario disponer adecuadamente o tratar este residuo con sistemas de tratamiento biológico (Zambrano y Zuluaga, 1993).
- En un día normal, un recolector de café puede cosechar 100 kg de café en cereza, de los cuales se desprenden pulpa y mucílago durante su beneficio húmedo, con un potencial contaminante 115 veces superior a la excretas y la orina producidas por un ser humano, en ese mismo día.
- **Las aguas residuales** que se producen durante el proceso de beneficio húmedo del fruto del café son todas biodegradables, pero **poseen una acidez alta, concentraciones de materia orgánica alta, sólidos suspendidos conformados particularmente por pectina y protopectinas, demandas biológicas y químicas de oxígeno muy altas**, del orden de 15.000 a 30.000 ppm en las aguas mieles, y entre 60.000 y 120.000 ppm en los lixiviados generados en la mezcla pulpa-mucílago, lo que corresponde a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domésticas (Zambrano y Rodríguez, 2008).

La demanda química de oxígeno, conocida como DQO, es una medida indirecta de la contaminación orgánica presente en el agua. Con esta determinación se mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica (tanto biodegradable como no biodegradable). Entre mayor sea el valor de la DQO y DBO, mayor es la contaminación orgánica presente en el agua.

La demanda biológica de oxígeno, conocida como DBO, es una medida indirecta de la contaminación orgánica presente en el agua. Con esta determinación se mide la cantidad de oxígeno necesario que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica, lo que permite evaluar la MO biodegradable presente en el agua.

Racionalización del agua en el proceso de beneficio húmedo del café

La factibilidad técnico económica para la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, depende en gran medida de la simplicidad y confiabilidad del sistema, así como del volumen y carga orgánica del residuo a tratar. En consecuencia, la no utilización de agua para transportar pulpa y la racionalización del consumo de agua en la operación de lavado, permiten reducir la contaminación y el volumen de agua que es necesario tratar.

Para beneficiar el café en Colombia por métodos convencionales, se requieren entre 40 y 50 L.kg⁻¹ de c.p.s, de los cuales la mitad se utiliza en el despulpado, el transporte hidráulico de la pulpa a las fosas y el transporte de café en baba a los tanques de fermentación. Los canalones de correteo típicos en Colombia para la clasificación y el lavado del café tienen consumos de agua entre 20 y 25 L.kg⁻¹ c.p.s.

Consideraciones prácticas

Despulsar en seco el fruto de café elimina de raíz el consumo del agua en esta etapa y conserva la materia orgánica aprovechable de la pulpa.



Figura 2.

Tanque tina para el lavado del café.

Cuando la eliminación del mucílago se realiza por fermentación natural del café en baba, transportado al tanque de fermentación, sin agua, el uso eficiente y racional del agua durante el lavado del café permite reducir el 80% del consumo de la misma frente al lavado convencional (Zambrano e Isaza, 1994).

Para efectuar dicho control se implementó la práctica de realizar cuatro enjuagues para lavar el café dentro de los tanques de fermentación, a los cuales se les

redondearon las aristas, con el fin de optimizar el método y la infraestructura (Figura 2), denominada por los usuarios cafeteros **tanque tina** (Zambrano, 1993). Con ella, el consumo de agua promedio en esta etapa se reduce a 4,13 L.kg⁻¹ de c.p.s. (Zambrano e Isaza, 1994).

Una vez retirado el mucílago fermentado del café con este lavado, se obtienen **las mieles o aguas residuales del lavado del café, las cuales por su característica de alta concentración de contaminación orgánica soluble (25 g.L⁻¹) se hace necesario tratarlas mediante la digestión anaerobia**, la cual consiste en una fermentación en ausencia de oxígeno, realizada por varios tipos de microorganismos, entre los que se destacan las bacterias metanogénicas, que utilizan los ácidos como sustrato para producir el gas metano.

El potencial de usuarios de la tecnología tanque tina sobrepasa el medio millón de UPAs (Unidades Productoras Agrícolas), que corresponden en más del 90% a pequeños productores de café. En el año 2004, Cenicafe apoyó la transferencia de la tecnología del lavado en tanque tina a 574 productores de café orgánico de la Sierra Nevada de Santa Marta, zona que tiene una producción anual cafetera estimada de 2.821.641 kg de c.p.s. (0,38% de la cosecha nacional), lo que representa una economía de agua por el uso de tanque tina para estas pequeñas fincas cafeteras, del orden de 56,4 millones de litros de agua limpia, que permiten suplir las necesidades diarias de agua en una ciudad de 378 mil habitantes, o para las necesidades anuales de una población de 1.000 habitantes.

De la misma necesidad de reducir la contaminación en el proceso de beneficio y el consumo de agua para lavar el café, nació **la tecnología Becolsub (Beneficio Ecológico del café y aprovechamiento de Subproductos)**, la cual utiliza menos de 1 L de agua para obtener un kilogramo de c.p.s. (Roa et al., 1999).

Esta tecnología involucra la utilización de una máquina desmucilagadora y lavadora mecánica, que mezcla en una de sus salidas la pulpa y el mucílago concentrado que se desprende del café en baba, mezcla que en las siguientes horas drena un lixiviado, cuya contaminación global equivale a la mitad de la contaminación que produce el mucílago fermentado y que requiere de un tratamiento anaerobio.

En la Figura 3 se muestra una comparación entre el beneficio convencional de café, que utiliza consumos superiores a 40 L de agua para obtener 1,0 kg de café pergamino seco, que genera una contaminación cercana a 115 g DQO por kilogramo de fruto y el beneficio ecológico con Becolsub y tanque tina, que utiliza entre 0,4 y 5,0 L.kg⁻¹ de c.p.s., respectivamente, y genera una contaminación entre 10,6 y 30,0 g DQO por kilogramo de fruto.

Tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café

Las investigaciones en Cenicafé involucraron estudios a escala de laboratorio, planta piloto y campo.

En los estudios de laboratorio y planta piloto se ensayaron filtros anaeróbicos de flujo ascendente (UAF), manto de lodos anaeróbicos de flujo ascendente (UASB) y una combinación de los dos anteriores UASB/UAF, siendo la última tecnología la más eficiente y prometedora. Con ella, se lograron operar los reactores con cargas de 10 kg DQO/m³-día, removiendo el 81% de la carga contaminante (Cumpliendo con las exigencias en la normativa ambiental para vertimientos), con tiempos de retención hidráulica de 24 horas, temperatura de 37 °C, sin neutralizar la acidez de las aguas residuales.

En los estudios a escala de planta piloto, en promedio se aplicaron cargas orgánicas entre 2,28 kg DQO/m³-día y 3,94 kg DQO/m³-día, y el efluente cumplió con lo exigido por la normativa ambiental vigente, operando con sustrato ácido a temperatura ambiente.

Para los estudios de campo se desarrollaron sistemas que trataran sólo las aguas mieles. De acuerdo con los estudios de laboratorio y planta piloto, se buscó desarrollar un sistema que utilizara los mismos principios anaerobios para la depuración: La Hidrólisis/Acidogénesis

y la Metanogénesis, pero realizadas en unidades independientes, lo que se conoce como separación de fases, así surgieron los **Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA)**, que son las plantas de tratamiento de aguas residuales de lavado del café, desarrolladas para el sector cafetero.



Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio han sido desarrollados en Cenicafé para reducir más del 80% de la contaminación presente en las aguas residuales de lavado o “mieles del café”, las cuales se originan en beneficiaderos que retiran el mucílago o baba del café por el método de fermentación natural, alcanzando remociones de carga orgánica que permiten cumplir con lo exigido por la legislación colombiana en el Decreto 1594 de 1984 y en el Decreto 3930 del 2010. Además, de esta manera es posible reducir el pago de Tasas Retributivas, por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, consignados en los Decretos 901 de 1997 (MinAmbiente, 1997) y 2667 de 2012 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

La tecnología SMTA representa una contribución ambiental, económica y social a la caficultura colombiana, dado que permite minimizar el impacto ambiental que sobre el ecosistema cafetero tienen las aguas mieles.

Los SMTA involucran una tecnología de tratamiento biológico con separación de fases hidrolítica-acidogénica de la metanogénica, apta para alcanzar altas eficiencias en la remoción de carga orgánica; no utiliza energía eléctrica para bombeo del agua residual, el flujo se hace por gravedad, aprovechando la topografía de la zona cafetera colombiana; utiliza unidades prefabricadas de

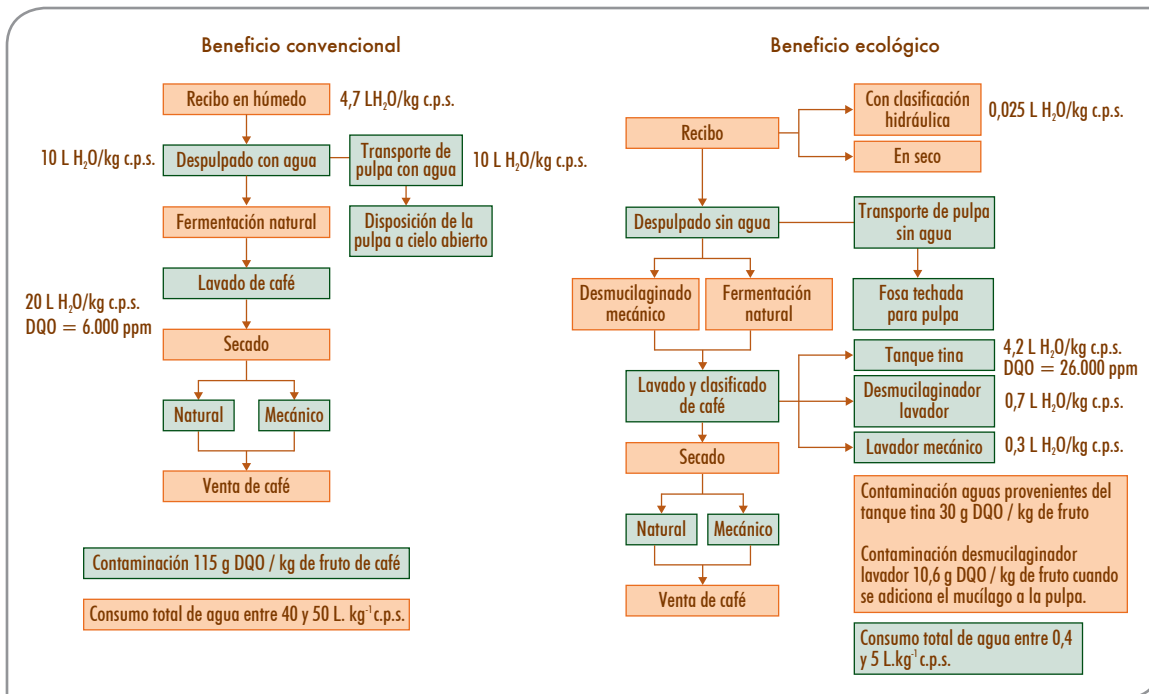


Figura 3.

Comparación entre el beneficio convencional y el beneficio ecológico del café.

polietileno negro y con tapa, que permiten elevar hasta 30 °C la temperatura interna de los tanques, favoreciendo los procesos biológicos y controlando la presencia de malos olores en los alrededores; utiliza microorganismos metanogénicos presentes en el estiércol vacuno o porcino, responsables de la etapa principal del tratamiento de las aguas mieles, y trozos de guadua o de botellas plásticas no retornables, que favorecen la permanencia de los microorganismos en el sistema (Orozco, 2003).

En los SMTA los costos operativos son bajos, porque sólo requieren de inspección y retiro de insolubles para garantizar el flujo libre, desde una recámara de dosificación de líquido por gravedad que el sistema posee.

Componentes de un SMTA

Un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (Figura 4) está compuesto por:

- **Una trampa de pulpas**, que evita la entrada de material suspendido con tamaños de partícula superiores a 5 mm, y cuya acumulación puede ocasionar taponamiento de tuberías.
- **Uno o varios tanques de polietileno** (Reactores hidrolíticos acidogénicos), en los cuales ocurre la solubilización del material orgánico suspendido.
- **Una o más recámaras dosificadoras**, que permiten la retención del material orgánico particulado no solubilizado y el control del caudal en el sistema.
- **Uno o más tanques de polietileno (Reactores metanogénicos), empacados con trozos de guadua**

o de botellas no retornables, en los cuales se establecen los microorganismos metanogénicos, que transforman la contaminación orgánica soluble en biogás, permitiendo eliminar de esta forma más del 80% de la contaminación orgánica presente en las aguas mieles que llegan al sistema.

- El SMTA consta de una excavación en el suelo, la cual se llena con tallos de café, para disponer algún eventual excedente de aguas mieles.

Selección del tamaño del SMTA

El primer paso consiste en determinar la cantidad de café cereza recolectado en el día de máxima producción. El segundo paso es adoptar el desulpado y transporte de la pulpa sin agua. El tercero, medir y ajustar, si es necesario, la cantidad de agua para lavar el café proveniente de la fermentación del mucílago, de tal forma que el consumo de agua esté entre 4,0 y 5,0 L.kg⁻¹ c.p.s., para lo cual se recomienda utilizar la técnica de los cuatro enjuagues como está establecido para el tanque tina, lo que permite obtener el volumen y la concentración orgánica en las aguas mieles, apropiados para el tratamiento en los SMTA.

Volumen de aguas mieles

Para que un SMTA opere correctamente, es necesario que el café procedente del proceso de fermentación del mucílago, se lave en el tanque de fermentación o en canal de correteo, con un consumo de agua entre 4,0 y 5,0 L.kg⁻¹ c.p.s. Si este consumo es mayor, se requiere construir un SMTA de mayor

SMTA 300

Capacidad máxima
313 kg de café cereza por día

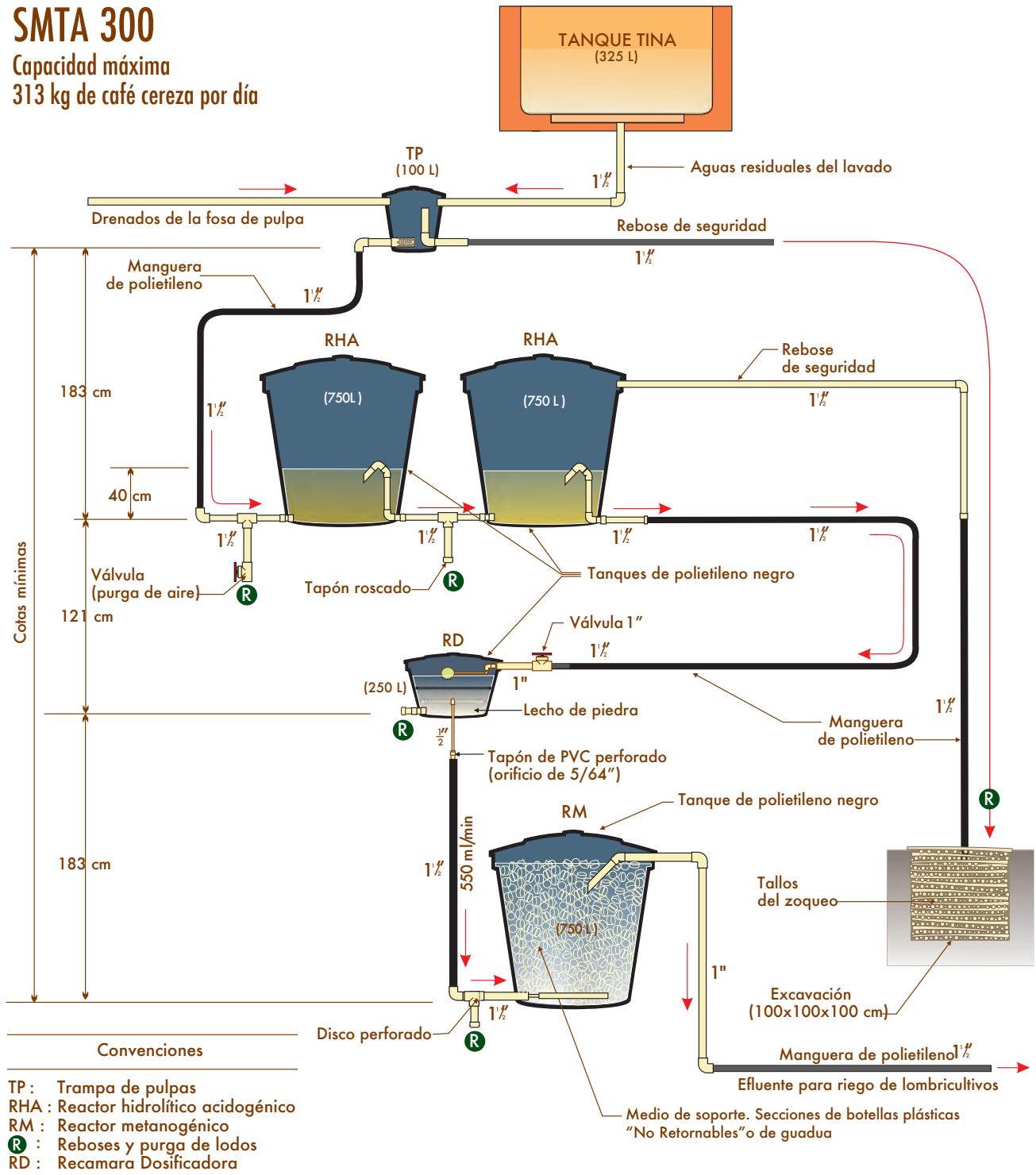


Figura 4.

Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio, referencia 300.

capacidad, lo que incrementaría los costos del tratamiento de las aguas mieles, pero si es menor, se tendría una sobrecarga orgánica que afectaría negativamente el proceso biológico del tratamiento. Lo anterior, es la causa principal y más frecuente del mal funcionamiento de un SMTA.

Instalación del SMTA

El paso previo a la instalación de un SMTA es contar con un tanque de fermentación y lavado con capacidad para procesar el café generado en el día pico, y en el cual se utilice la metodología de lavado mediante cuatro enjuagues, tal como se realiza en el tanque tina.

El agua residual generada en la etapa de lavado se debe conducir a una trampa de pulpas. La salida de aguas mieles al primer tanque o reactor hidrolítico se ubica a 10 cm del fondo de la trampa de pulpas, y el rebose de seguridad por debajo de la entrada de aguas mieles y drenados de la pulpa, en caso de que ocurra un taponamiento del dispositivo de salida a los reactores hidrolíticos, por la presencia de pulpa, de gases o aire en la tubería que conecta la trampa de pulpas con el reactor hidrolítico. La descarga del rebose de seguridad se conduce mediante manguera de polietileno de 1½", a una excavación de 1,0 x 1,0 x 1,0 m, la cual se llena completamente con tallos provenientes del zoqueo de café.

Para permitir el flujo por gravedad de las aguas mieles desde la trampa de pulpas hasta las unidades hidrolíticas,

Tabla 1.

Prototipos de SMTA y estimativo de capacidad de los tanques para fermentar y lavar, de acuerdo con la cantidad máxima de café en cereza beneficiado en un día.

SMTA	Máxima cantidad de café cereza beneficiado (kg.día ⁻¹)	Volumen estimado para lavado* (L)
SMTA 70	72	75
SMTA 120	126	131
SMTA 180	188	187
SMTA 300	313	325
SMTA 400	417	433
SMTA 600	625	649
SMTA 800	833	864
SMTA 1100	1.110	1.152
SMTA 1700	1.710	1.774

* El 70% del volumen corresponde al ocupado por el café en baba y el 30% restante al volumen libre para hacer el lavado.

recámaras dosificadoras y reactores metanogénicos, y evitar la instalación de sistemas de bombeo, es necesario cumplir con las cotas mínimas (Diferencias de nivel del terreno) que se detallan en cada uno de los prototipos (Zambrano *et al.*, 2010).

Con la producción diaria de máxima cosecha, en kilogramos de café cereza, en la Tabla 1 se selecciona el prototipo de SMTA, según el rango de cobertura, lo mismo que el tamaño del tanque de fermentación/lavado correspondiente a ese prototipo. En la Tabla 2 se presentan los materiales necesarios para la instalación de los sistemas.

Para fincas con producciones diarias de café superiores a 1.710 kg de café cereza (c.c.) se mantienen los mismos tamaños de la trampa de pulpas y la excavación con tallos de café.

Para calcular el volumen necesario para los reactores hidrolíticos se utiliza la siguiente Ecuación 1:

$$V_{RHA} = 0,000405 \times S_p \times P_a \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V_{RHA} : Volumen total de la fase hidrolítica/acidogénica, en m³

S_p : Porcentaje de café cereza beneficiado en la semana pico respecto a la cosecha anual

P_a : Producción anual de café pergamino seco, en arrobas (@) de c.p.s.

El volumen obtenido, mediante la aplicación de la Ecuación 1, se puede dividir por dos para calcular el número de tanques de 2 m³ que se necesitan, o por cinco si se desean utilizar tanques de 5 m³ o por diez si se desean utilizar tanques de 10 m³.

Para la recámara dosificadora se siguen utilizando tanques de polietileno de 250 L de capacidad y 65 cm de altura. Para calcular el número de tanques, se debe tener presente que una recámara dosificadora permite alimentar hasta cinco reactores metanogénicos.

Inoculación y arranque del SMTA

Una vez instalado el SMTA es necesario adecuar el reactor metanogénico, el cual es la unidad más importante del sistema de tratamiento, para permitir el apropiado desempeño de los microorganismos depuradores. En este componente ocurre la etapa final de la digestión anaerobia, en donde la contaminación soluble en forma de ácidos es transformada a biogás, por la acción de microorganismos metanogénicos.

Materiales		Modelos de SMTA								
		70	120	180	300	400	600	800	1.100	1.700
Café cereza máximo beneficiado (kg.día⁻¹)		72	126	188	313	417	625	833	1.110	1.710
Tanques										
Tanque polietileno negro de 250 L con tapa (H 65cm)	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tanque polietileno negro de 250 L con tapa (H 99cm)	Und	2								
Tanque polietileno negro de 100 L	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tanque polietileno negro de 500 L	Und		2			3				
Tanque polietileno negro de 750 L	Und			2	3		5			
Tanque polietileno negro de 1.000 L	Und					1		3		
Tanque polietileno negro de 2.000 L	Und							1	4	5
Tuberías y accesorios										
Abrazadera de correa de 2" metálica	Und	5	5	5	5	5	6	5	6	6
Acoples machos de polietileno de 1 ½" a 1 ½"	Und	5	5	5	5	5	6	5	6	5
Adaptador macho PVC presión de ½"	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adaptador macho PVC presión de 1"	Und	2	2	2	2	2	3	1	1	1
Adaptador macho PVC presión de 1 ½"	Und	10	10	10	13	16	18	17	17	20
Adaptador hembra PVC presión de ½"	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adaptador hembra PVC presión de 1"	Und	1	1	1	1	1	2			
Adaptador hembra PVC presión de 1 ½"	Und	11	11	11	15	17	19	18	19	21
Arandelas de ½" en Neolay No 5	Und	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Arandelas de 1" en Neolay No 5	Und	4	4	4	4	4	6	2	2	2
Arandelas de 1 ½" en Neolay No 5	Und	14	14	14	20	24	26	26	26	30
Codos PVC presión de ½"	Und	4	4	4	4	4	6	4	6	6
Codos PVC presión de 1"	Und	7	7	7	7	7	13	5	9	9
Codos PVC presión de 1 ½"	Und	14	14	14	16	18	21	20	19	22
Disco en PVC de 1 ½" con 38 perforaciones de 7/32" o disco en malla Secafex 4x4.	Und	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Limpiador PVC	1/16	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1
Malla mosquitera (150 cm de ancho)	m	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Manguera de polietileno ½"	m	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Manguera de polietileno según el terreno 1 ½" *	m	30	30	30	50	50	50	50	50	50
Pegante PVC	1/16	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1

Tabla 2.

Listado de materiales necesarios para la instalación de los diferentes prototipos. *La cantidad de este material depende del beneficiadero en particular y la ubicación del SMTA. Para el caso del SMTA de Cenicafé se utilizaron 70 m, por lo que se coloca un valor estimativo. Para todos los sistemas es opcional el uso de guadua o Botellas Plásticas No Retornables (BPNR).

Continúa...

...continuación

Materiales		Modelos de SMTA								
		70	120	180	300	400	600	800	1.100	1.700
Café cereza máximo beneficiado (kg.día⁻¹)		72	126	188	313	417	625	833	1.110	1.710
Reducciones PVC presión de 1 ½" a 1"	Und	2	2	2	2	2	3	2	3	3
Rollos de cinta teflón	Und	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Semicodo PVC presión de 1"	Und	1	1	1	1	1	2			
Semicodo PVC presión de 1 ½"	Und	1	1	1	2	3	3	4	6	7
Tapón copa PVC presión de ½"	Und	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Tapón roscado PVC presión de 1 ½"	Und	2	2	2	3	4	5	4	4	5
Tee PVC presión de ½"	Und	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Tee PVC presión de 1"	Und	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Tee PVC presión de 1 ½"	Und	2	2	2	3	4	5	4	4	5
Tubo PVC presión de ½"	m	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tubo PVC presión de 1"	m	4	4	4	4	4	6	3	4	4
Tubos PVC sanitaria de 1 ½"	m	7	7	7	10	12	14	16	17	18
Válvula de bola en PVC de 1"	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Válvula de bola en PVC de 1 ½"	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Válvula flotador de 1" construida en PVC	Und	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Otros elementos										
Botellas Plásticas No Retornables (BPNR) X 2,5 L	Und	62	123	186	186	245	372	490	980	980
Cal masilla	kg	0,5	1,00	1,50	1,50	2,00	3,00	4,00	8,00	8,00
Estiércol de ganado vacuno	kg	30	60	90	90	120	180	240	480	480
Guadua	m	22	43	66	66	85	132	170	340	340
Piedra caliza o gravilla de río	m ³	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Una vez realizadas todas las conexiones en el reactor metanogénico se procede a llenar su interior con tercios de botellas no retornables o trozos de guadua, cortados en cilindros de 15 cm, de forma que sirvan de medio de soporte para las bacterias metanogénicas, para que no sean arrastradas con el agua tratada que sale del reactor, lo que haría que se perdiera eficiencia en el proceso de depuración. En la Tabla 3 se presentan las cantidades de medio de soporte que se requieren para los diferentes tamaños de las unidades metanogénicas que forman parte de los diferentes prototipos.

El siguiente paso consiste en la preparación del inóculo denominado **"Caldo microbiano metanogénico"**, el cual puede prepararse en un tanque aparte, para facilitar su

homogeneización. En la preparación del inóculo se utilizan los ingredientes y cantidades indicadas en la Tabla 3, de acuerdo con la capacidad del tanque metanogénico.

El inóculo consta de una fuente de microorganismos metanogénicos, para ello se debe utilizar estiércol fresco, vacuno o porcino, el cual se disuelve en agua (En relación 1:1), acompañado de una agitación fuerte y constante, que permita homogeneizar la mezcla, la cual se adiciona al reactor metanogénico.

Para favorecer el crecimiento de los microorganismos metanogénicos, solamente durante la instalación del SMTA, se recomienda adicionar una fuente de carbono,

Reactor metanogénico			Inoculación					Arranque	
Volumen (L)	Guadua (metros lineales)	Tercios de botella (número)	Inóculo (bacterias)	Fuente de carbono		Fuente de nitrógeno	Búfer de arranque	Día	Tiempo de alimentación diaria (Horas:min)
				Opción A	Opción B				
250	22	186	30 kg de estiércol fresco + 30 L de agua	15 L primer enjuague + 15 L segundo enjuague	2 kg de miel de purga disuelta en 60 L de agua	1,5 L orina animal ó 25 g de urea disuelta en 1 L de agua	0,5 kg de cal masilla blanca disuelta en 5 L de agua	1 a 14	00:06
								15 a 28	00:15
								29 a 42	00:35
								43 a 56	01:00
								57 a 70	01:30
71 en adelante	Continuo								
500	43	369	60 kg de estiércol fresco + 60 L de agua	30 L primer enjuague + 30 L segundo enjuague	4 kg de miel de purga disuelta en 120 L de agua	3 L orina animal ó 50 g de urea disuelta en 2 L de agua	1,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 10 L de agua	1 a 14	00:13
								15 a 28	00:30
								29 a 42	01:10
								43 a 56	02:00
								57 a 70	03:00
71 en adelante	Continuo								
750	66	558	90 kg de estiércol fresco + 90 L de agua	45 L primer enjuague + 45 L segundo enjuague	6 kg de miel de purga disuelta en 180 L de agua	4,5 L orina animal ó 75 g de urea disuelta en 3 L de agua	1,5 kg de cal masilla blanca disuelta en 15 L de agua	1 a 14	00:20
								15 a 28	00:45
								29 a 42	01:45
								43 a 56	03:00
								57 a 70	04:30
71 en adelante	Continuo								
1.000	85	735	120 kg de estiércol fresco + 120 L de agua	60 L primer enjuague + 60 L segundo enjuague	8 kg de miel de purga disuelta en 240 L de agua	6 L orina animal ó 100 g de urea disuelta en 4 L de agua	2,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 20 L de agua	1 a 14	00:25
								15 a 28	01:00
								29 a 42	02:20
								43 a 56	04:00
								57 a 70	06:00
71 en adelante	Continuo								
2.000	170	1.470	240 kg de estiércol fresco + 240 L de agua	120 L primer enjuague + 120 L segundo enjuague	16 kg de miel de purga disuelta en 480 L de agua	12 L orina animal ó 200 g de urea disuelta en 8 L de agua	4,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 40 L de agua	1 a 14	00:52
								15 a 28	02:00
								29 a 42	04:40
								43 a 56	08:00
								57 a 70	12:00
71 en adelante	Continuo								

Tabla 3.

Materiales necesarios para la inoculación y arranque de los SMTA. Caudal de alimentación para cada reactor: 550ml/min.

una fuente de nitrógeno para equilibrar la relación C/N y un neutralizante que permita tener un pH cercano a 7. En la Tabla 3 se presentan los materiales y las cantidades recomendadas como fuentes de C, N y acción búfer, de acuerdo con el volumen de las unidades metanogénicas. La adición de estas fuentes se realiza una sola vez, a través de la recámara dosificadora.

Si es necesario, se adiciona agua hasta cubrir por completo el material de empaque del reactor metanogénico. Finalmente, se debe tapar el reactor metanogénico durante 3 semanas, al cabo de las cuales inicia con la etapa de arranque del sistema de tratamiento.

La etapa de arranque tiene como propósito permitir el crecimiento y la adaptación de los microorganismos metanogénicos provenientes del estiércol de cerdo o vacuno, a las aguas mieles del café sin necesidad de neutralizarlas, por lo que es imprescindible respetar las recomendaciones relacionadas con la alimentación del sistema, según el tamaño de los reactores. El proceso de arranque tiene una duración de 10 semanas. En la Tabla 3 se presentan los tiempos que debe operar la planta, con el agua residual generada durante la etapa de lavado, entre los días 1 al 70, después de este tiempo se puede mantener constante la alimentación al sistema.

Sistema de tratamiento de lixiviados generados en la tecnología Becolsub

Para los caficultores que remueven el mucílago mediante esfuerzos mecánicos, utilizando desmucilaginosos, y que adicionen el mucílago sobre la pulpa, se diseñó y evaluó un sistema de tratamiento primario de lixiviados, los cuales tienen una concentración de DQO cercana a 110.000 ppm. Este sistema de tratamiento funciona con los principios fundamentales de efecto invernadero, compostaje, lecho de secado y reactor hidrolítico/acidogénico.

El sistema de tratamiento consta de:

1. Un acondicionador de pulpa, el cual consiste en una caseta cerrada fabricada en guadua, esterilla, ladrillo y plástico en donde se deposita la mezcla pulpa-mucílago.
2. Una unidad de control de insolubles, cuyo propósito es permitir la hidrólisis/acidogénesis de los lixiviados provenientes del acondicionador de pulpa.
3. Un lecho de secado para el tratamiento de los lodos provenientes de la unidad de control de insolubles.
4. Un filtro preacidificador, el cual se empaca con piedra caliza y tiene como objetivo incrementar la alcalinidad del efluente para favorecer su tratamiento posterior en un SMTA.

En el tratamiento primario de los lixiviados se logra una remoción de la DQO cercana a las 2/3 partes, estimando una vida útil de 5 años para este sistema (Zambrano y Cárdenas, 2000).

Postratamiento de aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café



Los efluentes de los SMTA, si bien cumplen con lo dispuesto en la legislación ambiental Colombiana, aún tienen un contenido relativamente significativo de carga orgánica que ocasiona impactos ambientales adversos sobre el ecosistema. En investigaciones realizadas para determinar el impacto biológico de los efluentes generados en los sistemas de tratamiento, sobre el ecosistema acuático cafetero, utilizando diferentes bioindicadores de la cadena trófica alimentaria, se determinó que éste era significativo y por lo tanto, necesario implementar sistemas de postratamiento que minimicen o eviten este impacto (Matuk et al., 1997).

En los estudios de ecotoxicidad de los efluentes de los SMTA en el campo, se encontró en términos de DQO, una concentración efectiva de carga orgánica a la cual se muere el 50% de las algas (CE_{50}), de 890 ppm, para el alga *Chlorella vulgaris*, una concentración letal a la cual se muere el 50% de los individuos (CL_{50}), de 700 ppm, para el microcrustáceo *Daphnia pulex*, y de 490 ppm para el pez *Lebistes reticulatus*, siendo éste el indicador más sensible (Matuk et al., 1997).

En el postratamiento se busca la eliminación de materia orgánica, sólidos suspendidos y remoción de nutrientes que no se han conseguido en el sistema modular, teniendo en consideración aspectos como la versatilidad del sistema, su facilidad de operación y economía del mismo.

En Cenicafé se realizaron estudios de campo, empleando humedales de 500 L, utilizando macrófitas flotantes y emergentes, presentes en la zona cafetera, con el propósito de disminuir la concentración de carga orgánica y de N, P y K presentes en los efluentes del SMTA, y evitar impactar negativamente los recursos suelo y agua presentes en la zona cafetera (Figura 5). Los resultados mostraron que se presentó efecto de la concentración de los efluentes del SMTA sobre la variable porcentaje de remoción de la DBO en las cuatro especies acuáticas evaluadas: Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), oreja de agua (*Salvinia auriculata*) y enea (*Typha angustifolia*) (Rodríguez, 2009).

Entre las plantas flotantes, el jacinto y la lechuga de agua mostraron las mayores eficiencias de remoción de DBO_5 en el estado estable. El mayor valor de carga orgánica aplicada fue para el jacinto, con un valor de DBO_5 72,21 kg.ha.año⁻¹ (Rodríguez, 2009).



Figura 5.

Humedales artificiales utilizados en el postratamiento de las aguas residuales del café.

En la eliminación de N, P, K no se presentaron diferencias entre las tres especies flotantes, las cuales siempre presentaron remociones mayores y diferentes a su control, y a la especie emergente, excepto en la variable K con la especie emergente.

Las ecuaciones de regresión obtenidas permiten predecir que se presenta inhibición del crecimiento de *E. crassipes* a concentraciones de DQO de 1.281 ppm; para *P. stratiotes* a una concentración de DQO de 1.222 ppm; para *S. auriculata* a concentraciones de DQO de 903 ppm y para *T. angustifolia* se presenta inhibición en el incremento del número de plantas a una concentración de DQO de 508 ppm.

Considerando el desempeño de las cuatro especies acuáticas en la remoción (medida como $mg.m^{-2}.d^{-1}$) de los parámetros DBO_5 , sólidos solubles totales-SST, nitrógeno total- N_T , fósforo total- P_T y K en efluentes del SMTA, la mejor especie para el postratamiento de las aguas mieles del café es la especie flotante *E. crassipes*, seguida de la especie flotante *P. stratiotes*, de la especie emergente *T. angustifolia* y de la especie flotante *S. auriculata*.

Los humedales deben tener una relación longitud:ancho entre 2:1 a 4:1, una profundidad de 0,6 m, una pendiente del 1,0% y un tiempo de detención hidráulica entre 2 y 5 días, para remover carga orgánica. Las excavaciones se deben forrar con plástico, para evitar la infiltración de las aguas, si se utilizan plantas flotantes, éstas deben cubrir el 75% del espejo de agua y se deben cosechar cada 15 días. Si se desea sembrar plantas emergentes como juncos, platanillas o heliconias, las lagunas se deben llenar con grava de tamaño entre 13 y 38 mm y las plantas se deben sembrar a una densidad cercana a 30 plantas/m².

Para una finca que produzca 1.000 @ de c.p.s. al año, el área de humedales para el postratamiento de las aguas mieles es cercano a 30 m².

Valorización de los subproductos del café

En el proceso del café, la cantidad de material vegetal que queda en forma de residuo es muy superior al que se aprovecha directamente en la preparación de la bebida. En la Tabla 4 se presenta el peso de cada uno de los residuos generados durante cada una de las etapas del proceso de beneficio e industrialización del café.

Tabla 4.

Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1 kg de café cereza en Colombia (Fuente: Adaptado de Calle, 1977).

Proceso	Residuo obtenido	Pérdida (en gramos)
Despulpado	Pulpa fresca	436
Desmucilaginado	Mucílago	149
Secado	Agua	171
Trilla	Pergamino	42
	Película plateada	
Torrefacción	Volátiles	22
Preparación bebida	Borra	104
Pérdida acumulada		924

Los dos principales subproductos del café que se generan durante el proceso de beneficio del fruto, son la pulpa y el mucílago.

La pulpa de café. Es el primer producto que se obtiene en el método usado para el procesamiento del fruto de café y representa, en base húmeda, alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco (Montilla, 2006). **La pulpa de café con una producción media de 2,25 toneladas frescas por hectárea al año (Rodríguez, 2009), se constituye en el principal subproducto del proceso de beneficio.** Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que nuestro país exporta, se generan 162.900 toneladas de pulpa fresca, la cual si no se utiliza adecuadamente produciría una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población cercana a 870.000 habitantes.

Mucílago de café. Se genera en la etapa del desmucilaginado, representa, en base húmeda, alrededor del 14,85% del peso del fruto fresco (Montilla, 2006). En términos de volumen, por cada kilogramo de café cereza se producen 91 mL de mucílago puro (Zambrano e Isaza, 1994). Su producción media es de 768 kg.ha.año⁻¹ (Rodríguez, 2007). Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta, se generan aproximadamente 55.500 toneladas de mucílago fresco, el cual si no se utiliza adecuadamente produciría una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población de 310.000 habitantes.

A continuación se relacionan los procesos investigados en Cenicafé, en los últimos años, para el aprovechamiento de la pulpa y el mucílago de café:

Producción de abono orgánico

El sistema tradicional que se ha utilizado para el manejo de la pulpa ha sido la descomposición en fosas, construcciones en las cuales ocurre la transformación de la pulpa en compost, para lo cual se requiere de algunas operaciones de manejo, que radican fundamentalmente en volteos periódicos de la masa, que se deben efectuar cada 15 días, para lograr su transformación en aproximadamente 4 meses.

Para el manejo adecuado de la pulpa de café se evaluó la lombricultura durante el período 1990-2000, para acelerar su proceso de transformación, disminuir la mano de obra y mejorar los rendimientos, utilizando diferentes sistemas de manejo como: Lechos en guadua, esterilla, ladrillo (Figura 6) y cajas plásticas, en los cuales se encontró que la pulpa generada por una finca que produzca 1.000 @.año⁻¹ de c.p.s. (Aproximadamente 25 toneladas de pulpa fresca), se puede manejar en un área efectiva de 25 m² de lombricultivo, con una densidad de lombriz pura de 5 kg.m⁻². Es decir, que se puede manejar alrededor de una tonelada de pulpa de café por metro cuadrado de lombricultivo al año (Dávila y Ramírez, 1996).

En estos sistemas de manejo se puede utilizar pulpa de café sola, obtenida por un beneficio tradicional o mezclada con mucílago, esta última proveniente de beneficiaderos que utilicen despulpado sin agua, desmucilaginado mecánico y mezcla de los dos subproductos, por medio de un tornillo sinfín. En lombricultivos alimentados con este último sustrato, se observaron mayores incrementos en peso de lombrices, mayores tasas de consumo y mayores rendimientos en la conversión de pulpa en lombricompostado que en aquellos alimentados con pulpa sola (Blandón et al., 1998). En general, los rendimientos



Figura 6.

Lombricultura con pulpa de café.

en la producción de lombricompuesto, se ubican en el rango de 35% a 40% en base húmeda.

Las lombrices separadas se pueden utilizar para ampliar el cultivo, como pie de cría para nuevos lombricultivos, o como fuente de proteína para alimentación de aves de corral, cerdos y peces, entre otros. **El lombricompuesto obtenido, por su gran riqueza microbiológica y sus características físico-químicas, representa un buen abono orgánico (Blandón et al., 1999).** Estos abonos orgánicos proporcionan nutrimentos al cultivo, mejoran las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo, incrementando su productividad y se puede utilizar como abono en huertas y viveros, entre otros.

Consideraciones prácticas

En Cenicafé se ha encontrado que la mezcla de una parte de lombricompuesto con tres partes de suelo es la más adecuada para la preparación de almácigos de café (Salazar, 1992) y que la aplicación entre 0,5 y 3,0 kilogramos de lombricompuesto por planta de café al año reemplaza la fertilización convencional (Sadeghian, 2002).

Producción de hongos comestibles y medicinales

Durante los años 1990 al 2003, se determinó la factibilidad técnica y económica de cultivar hongos comestibles del género *Pleurotus* spp. (conocidos popularmente como "orellanas") y los hongos medicinales *Lentinus edodes* ("Shiitake") y *Ganoderma lucidum* sobre sustratos preparados con los subproductos generados durante el proceso de cultivo e industrialización del café, con el fin de evitar la contaminación ambiental, diversificar e incrementar los ingresos al productor y mejorar su dieta alimenticia (Rodríguez, 2003).

Los hongos comestibles del género *Pleurotus* (Figura 7), por su facilidad de cultivo y por su alto contenido de proteína, pueden cultivarse en las fincas cafeteras, y utilizarse en programas de seguridad alimentaria.

La mayoría de los subproductos agrícolas generados en la zona cafetera, provenientes de los cultivos de café, plátano, maíz y fríjol, pueden emplearse para cultivar este tipo de hongos, con rendimientos medios superiores al 50%, que los hace factibles para ser explotados económicamente y con unos contenidos de proteína que oscilan entre el 28% y el 30% (Rodríguez y Jaramillo, 2005).



Figura 7.

Cultivo de *Pleurotus* spp. sobre subproductos del café.

En el caso de los hongos medicinales cultivados con aserrín de tallo de cafeto, borra de café y pulpa de café, se determinó para las cepas de Shiitake (*Lentinus edodes*) (Figura 8) que los sustratos con una relación C/N de 40 permiten obtener unos rendimientos medios, a las condiciones de la zona cafetera colombiana, entre el 52% y el 76%. Se realizaron análisis bromatológicos y de minerales a los carpóforos cosechados en los diferentes sustratos, cuyo contenido de proteína osciló entre el 15,5% y el 19,0%, contenidos de fibra entre el 10,0% y el 15,0% y contenidos de grasa entre el 1,6% y el 2,0% (Rodríguez y Jaramillo, 2005).



Figura 8.

Cultivo de *Lentinus edodes* sobre subproductos del café.

El hongo *Ganoderma lucidum* (Figura 9) se puede cultivar sobre sustratos conformados con los subproductos del cultivo e industrialización del café, con relaciones C/N en el rango 40 a 60 y en los cuales la pulpa de café no sobrepase el 15%, logrando rendimientos medios en el cultivo en el rango del 7,0% al 13,0% (Rodríguez y Jaramillo, 2005).



Figura 9.

Cultivo de *Ganoderma lucidum* sobre subproductos del café.

De esta forma, se generaron alternativas viables y atractivas para los caficultores en el cultivo del hongo medicinal, ya que las formulaciones más productivas contenían aserrín de tallo de café y pulpa de café, los dos sustratos más abundantes en la zona cafetera, lo que aseguraría la disponibilidad de los mismos para el establecimiento de los cultivos.

medicinales, para mantenerse en el tiempo, requiere una disponibilidad permanente de este subproducto durante todo el año. En Cenicafé se evaluó el proceso de ensilaje, con el fin de conservar la pulpa, de forma que pudiera ser utilizada sin problemas, como materia prima para dichos procesos durante todo el año.

*De acuerdo con los resultados obtenidos se concluyó que el ensilaje en silos fosa (Figura 10) permite disponer de materia prima en buen estado, y durante un tiempo suficiente, para mantener un cultivo permanente de hongos comestibles del género *Pleurotus* y lombriz roja, a nivel de finca cafetera. Los rendimientos medios alcanzados en el cultivo de *P. ostreatus* sobre pulpa de café ensilada fueron del 72,5% y con pulpa fresca del 69,0% (Rodríguez, 2003).*



Figura 10.

Pulpa de café ensilada en silos-fosa.

Ensilaje de la pulpa de café

La pulpa es un subproducto con un alto contenido de humedad (alrededor del 80%), que sólo es abundante en la época de cosecha. El establecimiento de sistemas de producción de abono orgánico y hongos comestibles y

Pectinas a partir de la pulpa y el mucílago de café

La pectina es un polisacárido de ácido poligalacturónico, y se comercializa en polvo, en forma de cristales o líquida. Se clasifican en pectinas de alto y bajo metoxilo, y ambas

son utilizadas en diversas aplicaciones, por la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica por sus propiedades gelatinizantes, espesantes y estabilizantes.

En las investigaciones realizadas en Cenicafé, se determinó que se pueden obtener en promedio, 174 g de pectina de bajo metoxilo por cada 10 kg de pulpa fresca (Rodríguez, 1999), y se pueden obtener 82 g de pectina de alto metoxilo, por cada 10 kg de mucílago fresco (Rodríguez, 1999).

Alimentación animal

Se evaluó la utilización del mucílago de café en la alimentación porcina, encontrándose que al suministrar el 80% de concentrado, de acuerdo con los requerimientos del animal, según su peso, y suplementar la ración iniciando con 2 L de mucílago de café diario, en animales con pesos superiores a 40 kg, se obtienen buenas respuestas en conversión del alimento, ganancia en peso y rendimiento económico, sin afectar la calidad de la carne (Garavito y Puerta, 1998).

Producción de biocombustibles a partir de los subproductos del café

En el año 2007 se iniciaron investigaciones relacionadas con la producción de alcohol carburante a partir de la pulpa y el mucílago del café. Se realizaron los estudios de fermentación alcohólica de la pulpa de café fresca, utilizando levaduras comerciales, con promedios de rendimiento de 25,2 mL de etanol por 1,0 kg de pulpa fresca y 58,4 mL de etanol por 1,0 kg de mucílago fresco (Rodríguez y Zambrano, 2010).

Lo anterior permite estimar que se pueden obtener 1,97 L de etanol de la pulpa y el mucílago provenientes del beneficio de 100 kg de café cereza, lo que representa en términos energéticos 42 MJ (Rodríguez y Zambrano, 2010). Las vinazas del proceso de destilación se pueden tratar por biodigestión anaerobia para obtener en términos energéticos, como biogás, 33 MJ adicionales, contribuyendo a no deteriorar el medio ambiente (Rodríguez, 2007).

El biogás es una mezcla gaseosa constituida básicamente por metano en una proporción que oscila entre el 50% y el 80%, y gas carbónico, con pequeñas trazas de vapor de agua, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno y trazas de compuestos orgánicos; y se origina por la degradación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. El biogás se puede utilizar como combustible directo en sistemas de combustión a gas o para la producción de energía eléctrica, mediante turbinas o plantas generadoras a gas. En los estudios realizados por Calle (1974) y Arcila (1980), se reportan rendimientos de 25 L de biogás por 1,0 kg de pulpa fresca alimentada a los digestores. En la descomposición anaerobia del mucílago, se producen 287 L de metano por 1,0 kg de DQO aplicado en el proceso de fermentación a 36 °C.

Teniendo en cuenta los programas de renovación de cafetales, promovidos por la Federación Nacional de Cafeteros, y la cantidad de tallos de café generados en esta práctica (Farfán, 1994), se puede estimar una producción media de 5 kg de tallos de café por kilogramo de café procesado (Rodríguez, 2007), con una capacidad calórica media de 19,75 MJ.kg⁻¹ (Roa, 2003), que ofrecerían por 100 kg de café cereza procesados una energía de 9.875 MJ.

Otro subproducto generado con excelentes propiedades combustibles es el endocarpio del fruto constituido por la cascarilla (Cisco) y la película plateada, que representan, en peso, el 4,2% del fruto fresco (Montilla, 2006), con una capacidad calórica de 17,90 MJ.kg⁻¹ (Roa, 2003), lo que representaría para 100 kg de café cereza procesado, una energía de 75 MJ.

Tanto los tallos de café como la cascarilla se pueden utilizar en el secado mecánico del café. Oliveros (2007), reporta para el secado mecánico del café utilizando cascarilla o tallos de café como combustible y eficiencias del 50% en los intercambiadores de calor (con superficie aletada), un consumo de 5 kg de combustible por 1,0 @ de c.p.s.

Realizando una sumatoria de la energía que se puede obtener de los subproductos relacionados con el cultivo, beneficio e industrialización de 100 kg de café cereza, se determina que es cercana a los 10 GJ. Energía que por provenir del campo es energía renovable y que tiene un gran valor económico, social y ambiental por el agotamiento paulatino de las reservas de las energías fósiles.

En la Tabla 5 se presentan los valores energéticos de los subproductos generados en el proceso de cultivo e industrialización del grano de café, cuando se utilizan como combustible directo o en los biocombustibles generados cuando los subproductos se utilizan como materia prima en la producción de éstos.

Manejo de lixiviados provenientes de la mezcla mucílago-pulpa de café

Los lixiviados son los líquidos provenientes de la fermentación de la mezcla pulpa-mucílago. La lixiviación se presenta cuando los drenados provenientes de la fermentación arrastran componentes de la pulpa, tales como carbohidratos, alcoholes, ácidos y compuestos aromáticos, entre otros.

En Cenicafé, Narváez *et al.* (2000) evaluaron como alternativa para el manejo de los lixiviados, la evaporación mecánica con el fin de disminuir el impacto ambiental generado por los lixiviados producidos en la tecnología Becolsub. La investigación se desarrolló utilizando un evaporador rústico conectado a una chimenea, por la cual son conducidos los gases de la combustión generados en una estufa campesina. Con el evaporador operando en las condiciones de trabajo de la estufa (15 horas al día) se logró controlar el 100% de la contaminación hídrica generada por los efluentes generados en una finca con una producción anual de 240 @.año⁻¹ de c.p.s. La eficiencia térmica del evaporador y del sistema global fue de 57,01% y 20,74%, respectivamente. El residuo concentrado presentó 295.000 ppm de DQO, 164.254 ppm de ST, y 35° Brix.

Evaporación de efluentes provenientes del proceso de beneficio del café

En Cenicafé, Ramírez (2010) realizó evaluaciones de campo utilizando secadores mecánicos (Figura 11) en los cuales se utilizaron los gases de combustión sobrantes del proceso de secado mecánico del grano, utilizando un evaporador de bandejas para lixiviados provenientes de la tecnología Becolsub, con un porcentaje de evaporación promedio del 71,42%. La cantidad de lixiviados colocados en el evaporador fue, en promedio, de 31,86 L. El total de lixiviados evaporados fue de 277 L en 467 horas, con una relación de 0,59 L evaporados por 1,0 hora de secado.

En pruebas para la evaporación de los efluentes provenientes del lavado mecánico del café con el equipo

Subproducto	Poder calorífico	Producción
Pulpa	15,88 MJ.kg ⁻¹ pulpa seca. Combustible sólido (Pulpa seca)	2.258 kg.ha-año ⁻¹
	0,54 MJ.kg ⁻¹ pulpa fresca. Combustible gaseoso (Biogás)	
	0,53 MJ.kg ⁻¹ pulpa fresca. Combustible líquido (Bioetanol)	
Mucílago	2,00 MJ.kg ⁻¹ mucílago fresco. Combustible gaseoso (Biogás)	768 kg.ha-año ⁻¹
	1,23 MJ.kg ⁻¹ mucílago fresco. Combustible líquido (Bioetanol)	
Cisco	17,90 MJ.kg ⁻¹ Combustible sólido	227 kg.ha-año ⁻¹
Borra	29,01 MJ.kg ⁻¹ borra seca. Combustible sólido	22.300 t.año ⁻¹
	5,90 MJ.kg ⁻¹ borra seca. Combustible gaseoso (Biogás)	
	4,38 MJ.kg ⁻¹ borra seca. Combustible líquido (Bioetanol)	
Ripios	5,76 MJ.kg ⁻¹ borra seca. Combustible líquido (Biodiésel)	Sin datos
	15,60 MJ.kg ⁻¹ ripio. Combustible sólido	
Tallos	3,46 MJ.kg ⁻¹ ripio. Combustible líquido (Biodiésel)	3.200 kg.ha-año ⁻¹
	19,75 MJ.kg ⁻¹ tallo seco. Combustible sólido	

Tabla 5.

Capacidad calorífica de los principales subproductos del café (Fuente: Rodríguez y Zambrano, 2010).



Figura 11.

Secador mecánico de los lixiviados del café.

ECOMILL®, utilizando un secador solar parabólico con cubierta de plástico (PQA, 2009) para el secado del café (Ramírez et al., 2002; Oliveros et al., 2006 y 2008), en piso de cemento y plástico (Figura 12), se colocaron 2.761 L de efluentes, de los cuales 2.538 L fueron evaporados en un período de 26 días, para una eficiencia del 92%. La altura inicial de los efluentes en el secador solar fue de 100 mm, de los cuales se evaporaron 85 mm. El promedio de la tasa de evaporación diaria en el secador fue de 2,74 mm, valores cercanos a la evaporación media para Cenicafé (3,47 mm.día⁻¹ reportada por la Estación Meteorológica de La Granja, Chinchiná). En el secador, con un área de 27 m², se lograron evaporar 98 L de efluente por día, por lo que la tasa de evaporación en este sistema estuvo alrededor de 3,5 L.m².día⁻¹.

En el año 2012 se realizaron pruebas de evaporación de los efluentes resultantes del lavado del café con la tecnología ECOMILL® (En la cual se utilizan consumos específicos de agua entre 0,4 y 0,5 L.kg⁻¹) utilizando secadores solares (Figura 13). Se evaluaron los secadores parabólicos, tres de ellos con extractores y tres sin extractores y en su interior se colocaron bandejas de 1,0 m², conteniendo cada una 10, 15 y 20 kg de mieles provenientes del ECOMILL®. El promedio de la tasa de evaporación para los seis secadores fue de 1,57 kg.día⁻¹, con un mínimo de 1,29 kg.día⁻¹ para el secador sin extractor y 10 kg de mieles, y un máximo de 1,97 kg.día⁻¹, correspondiente al secador dotado de extractor y que contenía la bandeja con 20 kg de mieles.

El valor promedio obtenido por cada 15 kg de mieles frescas, fue de 0,87 kg de material deshidratado (humedad final promedio de 17,7%) y el promedio del tiempo de evaporación fue de 16,5 días, con máximo de 21 días y mínimo de 12 días.



Figura 12.

a. Secador solar parabólico; b. Mieles deshidratadas.



Ramírez (2012) reporta que los residuos secos tienen un potencial uso como biofertilizantes, alimentos para consumo animal, aglomerantes para la construcción y producción de plásticos biodegradables, además de generar un valor agregado y lograr un manejo ambiental integral de la tecnología ECOMILL® (Figura 14).



Figura 13.

Evaluación de la deshidratación de mieles en secadores solares.



Figura 14.

Subproductos resultantes de la tecnología ECOMILL®.

Recomendaciones prácticas

Para realizar un manejo inteligente del agua y de los subproductos del café en el proceso de beneficio húmedo, de forma que no ocasionen impactos ambientales adversos en el ecosistema cafetero y que le permitan contribuir a la rentabilidad del negocio cafetero, realice las siguientes prácticas:

Práctica 1. Adopte el despulpado en seco y el transporte de la pulpa sin agua.

La adopción del despulpado de los frutos sin agua y su transporte por gravedad a las fosas se constituye en la acción ambiental más importante en el beneficio húmedo del café, dado que el agua en esta etapa genera el mayor impacto ambiental negativo sobre los ecosistemas, por la cantidad de compuestos orgánicos de baja biodegradabilidad que se solubilizan en el agua, cuando entra en contacto con la pulpa, la cual es responsable de las tres cuartas partes de la contaminación potencial que se puede producir en los beneficiaderos de café.

Práctica 2. Construya una fosa techada para almacenar la pulpa.

La pulpa y el mucílago representan el 100% de los residuos que se generan durante el proceso de beneficio húmedo de café. La construcción de una fosa techada para la descomposición de la pulpa permite evitar el 75% de la contaminación hídrica, si el transporte de la pulpa se realiza por gravedad o mecánicamente, sin la utilización de agua.

Práctica 3. Transforme la pulpa en abono orgánico mediante un compostaje o lombricompostaje techado.

El lombricompostaje de la pulpa de café se considera la práctica más sencilla para el aprovechamiento eficiente de este subproducto, dado que acelera su proceso de transformación, disminuye la mano de obra y mejora los rendimientos del abono orgánico obtenido. Los lombricultivos se pueden construir utilizando diferentes sistemas de manejo como: Lechos en guadua, esterilla, ladrillo y cajas plásticas, en los cuales se encontró que la pulpa generada por una finca que produzca 1.000 @.año⁻¹ de c.p.s. (Aproximadamente 25 t de pulpa fresca), se puede manejar en un área efectiva de 25 m² de lombricultivo, con una densidad de lombriz pura de 5 kg.m²; es decir, que se puede manejar alrededor de 1 t de pulpa de café por 1 m² de lombricultivo al año.

Si no se dispone de lombrices se puede realizar la transformación de la pulpa mediante volteos periódicos bajo techo, para evitar que las aguas lluvias lixivien los componentes de la pulpa y ocasionen impactos negativos en el ecosistema.

Práctica 4. Racionalice el consumo de agua en las etapas de desmucilaginado, lavado y clasificación del café.

El uso racional del agua en el desmucilaginado natural o mecánico y en el lavado del café, permite reducir el volumen y aumentar la concentración de la contaminación orgánica en los residuos líquidos producidos, lo que hace más económico su tratamiento.

Cuando la eliminación del mucílago se realiza por fermentación natural, el uso eficiente y racional del agua durante el lavado del café, permite reducir el 80% del consumo de la misma. Para efectuar dicho control utilice la práctica de realizar cuatro enjuagues para lavar el café, dentro de los tanques de fermentación, con la tecnología del tanque tina. El consumo de agua promedio en esta etapa es de 4 a 5 L.kg⁻¹ de c.p.s.

Cuando la eliminación del mucílago se realiza por desmucilaginado mecánico, un sencillo sistema de control de caudal, desarrollado en Cenicafé, permite tener un flujo cercano a 0,8 L.kg-1 de c.p.s.

Práctica 5. Implemente sistemas de tratamiento para las aguas residuales

La factibilidad técnico económica para la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café depende en gran medida de la simplicidad y confiabilidad del sistema, así como del volumen y carga orgánica del residuo a tratar. En consecuencia, no utilizar agua para transportar pulpa y la racionalización del consumo de agua en la operación de lavado, permiten reducir la contaminación y el volumen de agua que es necesario tratar.

Las aguas residuales que se producen durante el proceso de beneficio húmedo del café, son biodegradables y su concentración de materia orgánica es alta, correspondiente a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domésticas.

Para el tratamiento de las aguas mieles provenientes del lavado del grano utilice los Sistemas Modulares para el Tratamiento Anaerobio, SMTA, los cuales permiten el tratamiento del mucílago fermentado, que corresponde al 28% de la contaminación total que generan los subproductos del café.

Para el caso del uso del desmucilaginado mecánico y la mezcla del mucílago con la pulpa de café, implemente antes de los SMTA, sistemas de tratamiento primario para los lixiviados que se generan, como el desarrollado por Cenicafé, denominado STLB, Sistema de Tratamiento de Lixiviados generados en la Tecnología Becolsub.

El sistema se puede construir por etapas, con el fin de facilitar la consecución de los recursos. En una primera etapa se construye la fase hidrolítica y en una segunda etapa se construye la fase metanogénica.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, J. *Despulpado de café sin agua*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1991. 6 p. (Avances Técnicos No. 164).
- ARCILA O., F. *Producción de biogás a base de pulpa de café*. Guatemala : Reunión internacional sobre la utilización integral de los subproductos de café, 1979. 17 p.
- BLANDÓN C., G.; DÁVILA A., M.T.; RODRÍGUEZ V., N. *Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje*. *Cenicafé* 50(1):5-23. 1999.
- BUITRAGO A., J.; CALLE V., H.; GALLO C., J.T.; CORSO M., M.A. *Evaluación de la melaza de café en dietas para cerdos en crecimiento y acabado*. *ICA* 5(4):407-410. 1970.
- CALLE V., H. *Subproductos del café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1977. 84 p. (Boletín Técnico No. 6).
- CALLE V., H. *Cómo producir gas combustible con pulpa de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1974. 11 p. (Boletín Técnico No. 3).
- CALLE V., H. *Baterías eléctricas con pulpa y mucílago de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1973. 4 p. (Avances Técnicos No. 25).
- CALLE V., H. *Métodos de extracción de las pectinas del café*. *Cenicafé* 13(2):69-74. 1962.
- CALLE V., H. *Aceites del café*. *Cenicafé* 11(9):251-258. 1960.
- CALLE V., H. *Producción de gas combustible por fermentación mecánica de la pulpa de café*. *Cenicafé* 6(66):198-205. 1955.
- CALLE V., H. *Perspectivas para el empleo de la pulpa y ripios del café como materiales curtientes*. *Cenicafé* 6(62):69-71. 1955.
- CALLE V., H. *Propagación de levaduras alimenticias en la pulpa y mucílago del café*. *Revista cafetera de Colombia* 10(122):3730-3732. 1951.
- CALLE V., H. *Producción de alcohol con los desperdicios del café*. *Cenicafé* 2(22):33-34. 1951.
- COLOMBIA. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Decreto 3930 del 2010. Bogotá : El Ministerio, 2010. 29 p.
- COLOMBIA. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Decreto número 3440. Bogotá : El Ministerio, 2004. 4 p.
- COLOMBIA. Ministerio del medio ambiente. Resolución 0273 de 1997. Santafé de Bogotá : El Ministerio, 1997. 2 p.
- COLOMBIA. Ministerio del medio ambiente. Decreto número 901 de 1997. Bogotá : El Ministerio, 1997. 9 p.
- COLOMBIA. Ministerio de salud. Decreto número 1594 de 1984. Bogotá : El Ministerio, 1984. 48 p.
- DÁVILA A., M.T.; RAMÍREZ G., C.A. *Lombricultura en pulpa de café*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1996. 11 p. (Avances Técnicos No. 225).
- FARFÁN V., F. *El zoqueo del café conserva el bosque nativo*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1994. 4 p. (Avances Técnicos No. 209).
- GARAVITO R., A.; PUERTA Q., G.I. *Utilización del mucílago del café en la alimentación de cerdos*. *Cenicafé* 49(3):231-256. 1998.
- LÓPEZ A., M.; CALLE V., H. *Valor comparativo de la pulpa de café descompuesta como abono*. *Cenicafé* 7(81):285-297. 1956.
- MATUK V., V.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. *El impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café*. *Cenicafé* 48(4):234-252. 1997.
- MONTILLA P., J. *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café*. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de ciencias agropecuarias, 2006. 107 p. Tesis: Ingeniera agrónoma.
- NARVÁEZ M., L.H. *Manejo de las mieles generadas en la tecnología Becolsub para la disminución del impacto ambiental generado por los lixiviados*. Pasto : Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas, 2000. 104 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.

- OLIVEROS T., C.E. Secado de café con empleo de energía solar y en silo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 5 p.
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. Secador solar de túnel para café pergamino. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 353).
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E. Secador parabólico mejorado. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 8 p. (Avances Técnicos No. 376).
- PRODUCTOS QUÍMICOS ANDINOS. Secadores solares para café: Producto agroplas N PQA Esp. 7 a 8 milésimas de pulgada. [En Línea]. Chinchiná : CENICAFE, 2009. Disponible en internet: <http://www.pqa.com.co/Secadores/index.html>. Consultado en abril de 2009.
- RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Construya el secador solar parabólico. Chinchiná : CENICAFÉ, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 305).
- OROZCO R., P.A. Arranque y puesta en marcha de un reactor metanogénico tipo UAF para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café. Manizales : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería y arquitectura, 2003. 90 p. Tesis: Ingeniera química.
- PARRA H., J.; CALLE V., H. Conversión de los ripios de café en compost. *Cenicafé* 18(4):103-115. 1967.
- RAMÍREZ G., C.A. Disminución del impacto ambiental en la tecnología Becolsub mediante la evaporación de lixiviados: Informe anual de actividades Octubre 2009 – Septiembre 2010. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 7 p.
- RAMÍREZ G., C.A. Evaluación de la deshidratación de las mieles resultantes del lavado del café con ECOMILL®: Informe anual de actividades Octubre 2011 – Septiembre 2012. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 24 p.
- ROA M., G. Potencialidad del café y sus residuos rurales como cultivo energético en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 2 p.
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R. Desarrollo de la tecnología Becolsub para el beneficio ecológico del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1997. 6 p. (Avances Técnicos No. 238).
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DÁVILA A., M.T.; ÁLVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 273 p.
- RODRÍGUEZ V., N. Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente, 2009. 508 p. Tesis: Doctor en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- RODRÍGUEZ V., N. Balance energético en la producción de etanol a partir de la pulpa y el mucílago de café y poder calorífico de los subproductos del proceso del cultivo de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 7 p.
- RODRÍGUEZ V., N. Ensilaje de pulpa de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 313).
- RODRÍGUEZ V., N. Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el cultivo e industrialización del café para la producción de hongos comestibles y medicinales. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2003. 140 p.
- RODRÍGUEZ V., N. Obtención de pectinas a partir de la pulpa y el mucílago del café: Informe anual de actividades 1998 1999. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 90 p.
- RODRÍGUEZ V., N.; JARAMILLO L., C. Cultivo de hongos medicinales sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 72 p. (Boletín Técnico No. 28).
- RODRÍGUEZ V. N.; JARAMILLO L., C. Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* en residuos agrícolas de la zona cafetera. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 56 p. (Boletín Técnico No. 27).
- RODRÍGUEZ V., N.; ZAMBRANO F., D.A. Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 8 p. (Avances Técnicos No. 393).
- SADEGHIAN K., S. Requerimientos nutricionales del cafeto y la fertilización orgánica. p. 37-39. En: SEMINARIO Sobre tecnología para la producción y beneficio de café orgánico. (Julio 22-24 2002 : Chinchiná). Chinchiná : CENICAFÉ : ICONTEC, 2002. 79 p.
- SALAZAR A., N. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. Chinchiná: CENICAFÉ, 1992. 2 p. (Avances Técnicos No. 178).
- VALENCIA A., G.; CALLE V., H. La miel de café y su composición. *Cenicafé* 19(4):135-139. 1968.

- ZAMBRANO F., D.A. Fermente y lave su café en el tanque tina. Chinchiná : Cenicafé, 1993. 8 p. (Avances Técnicos No. 197).
- ZAMBRANO F., D.A.; CÁRDENAS C., J. Manejo y tratamiento primario de lixiviados producidos en la tecnología Becolsub. Chinchiná : CENICAFÉ, 2000. 8 p. (Avances Técnicos No. 280).
- ZAMBRANO F., D.A.; ISAZA H., J.D. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicafé 49(4):279-289. 1998.
- ZAMBRANO F., D.A.; ISAZA H., J.D. Lavado del café en los tanques de fermentación. Cenicafé 45(3):106-118. 1994.
- ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N. Sistemas para el tratamiento de aguas mieles: Investigación aplicada en beneficio de los productores cafeteros. Chinchiná : CENICAFÉ, 2008. 19 p.
- ZAMBRANO F., D.A.; ISAZA H., J.D.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 26 p. (Boletín Técnico No. 20).
- ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U.; OROZCO R., P.A.; ZAMBRANO G., A.J. Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 28 p. (Boletín Técnico No. 29).
- ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U.; ZAMBRANO G., A.J. Construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles [cd rom]. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 36 p.
- ZAMBRANO F., D.A.; ZULUAGA V., J. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo del café. Cenicafé 44(2):45-55. 1993.
- ZAMBRANO G., A.J. Diseño de un sistema integral para manejo y tratamiento de los residuos generados en la tecnología Becolsub en una finca. Manizales : Universidad Católica de Manizales. Facultad de ingeniería de saneamiento y desarrollo ambiental, 2006. 67 p. Tesis: Ingeniero de saneamiento y desarrollo industrial.



Recursos naturales

Recursos naturales y su conservación en la zona cafetera

Jorge Eduardo Botero Echeverri; Nelson Rodríguez Valencia;
Gloria María Lentijo Jiménez; Carlos Mario Ospina Penagos

Los recursos naturales son todos aquellos bienes materiales y servicios proporcionados por la naturaleza, y que desde un enfoque antropocéntrico, se considera que pueden ser usados por los seres humanos para mejorar su calidad de vida.

Los recursos naturales se pueden clasificar en bióticos y abióticos. Los recursos abióticos se refieren a los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos, entre éstos se encuentran el agua, el suelo, el aire, la luz, la temperatura y los nutrientes. Los recursos bióticos se refieren a los seres vivos de un ecosistema entre los que están la flora, la fauna, los seres humanos y sus interacciones.

La conservación y manejo adecuado, tanto de los recursos bióticos como de los abióticos, es fundamental en la búsqueda de la sostenibilidad de las zonas cafeteras.

Este capítulo incluye tres partes. En la primera, denominada “Conceptos” se describen los componentes principales de la biodiversidad en zonas cafeteras y los problemas que la afectan. Una segunda parte está dedicada a resaltar las principales conclusiones de los estudios que se han realizado en Cenicafé sobre la biodiversidad en zonas cafeteras de Colombia. La tercera parte está dedicada a formular las recomendaciones para promover la conservación de la biodiversidad y recursos naturales en la zona cafetera.



Conceptos Generales

Los recursos naturales son todos aquellos bienes materiales y servicios proporcionados por la naturaleza, se pueden clasificar en función de las reservas y tasas de utilización en renovables y no renovables.

Los **renovables** son aquellos recursos que no se agotan con su utilización, debido a que vuelven a su estado original o se regeneran a una tasa mayor a la tasa con que los recursos disminuyen mediante su utilización, como es el caso del agua, los bosques, los alimentos, el viento, la energía hidráulica; **los no renovables** son recursos naturales que no pueden ser producidos, cultivados, regenerados o reutilizados a una escala tal que pueda sostener su tasa de consumo. Estos recursos, la naturaleza no puede producirlos en períodos geológicos cortos, como ese el caso de la formación del petróleo, del gas natural y de los minerales, entre otros.

Así mismo como se menciona en la introducción, los recursos naturales también se pueden clasificar en abióticos, es decir, los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos, como el agua, el suelo, el aire, la luz, la temperatura y los nutrientes; y en recursos naturales bióticos, es decir, el conjunto de los seres vivos de un ecosistema.

Biodiversidad y su conservación en zonas cafeteras

La biodiversidad hace parte de los recursos naturales bióticos. La conservación y manejo adecuado, tanto de los recursos bióticos como de los abióticos, es fundamental en la búsqueda de la sostenibilidad de las zonas cafeteras.

¿Qué es biodiversidad?

Biodiversidad, una palabra compuesta por los términos **bio**, que significa vida, y **diversidad**, que se refiere a la variedad de seres vivos en una región específica. La biodiversidad en Colombia comprende todos los seres vivos en el territorio nacional; de manera similar, la biodiversidad de una región, vereda, finca cafetera o cafetal, se refiere a todos los seres vivos presentes allí (Botero *et al.*, 2004; Baker y Lentijo, 2007).

La biodiversidad en una región comprende los seres vivos pertenecientes a todos los grupos taxonómicos presentes. Incluye aquellas especies fácilmente identificables y visibles, como las plantas, los animales vertebrados (Aves, mamíferos, peces y reptiles), los animales invertebrados

(Insectos) y los organismos vivos microscópicos. También comprende la diversidad genética y la diversidad de ecosistemas. La diversidad genética es la diversidad en las características genéticas de todos los individuos de una especie presentes en una región. La diversidad en los ecosistemas se refiere al conjunto de los ecosistemas en una región.

El conjunto de especies que viven una región y que interactúan entre sí y con el ambiente físico o hábitat en el que viven, es lo que se denomina un ecosistema. Un ecosistema de bosque andino, por ejemplo, comprende todas las especies de árboles, arbustos, hongos, aves, mamíferos y demás organismos que viven juntos en el bosque e interactúan entre ellos de muchas formas; hay insectos, aves y mamíferos, como los murciélagos, que polinizan las plantas; muchos árboles suministran frutas para alimentar la fauna y ésta a su vez dispersa las semillas. Además de estos ejemplos, existen muchos más, que aún no han sido evaluados, estudiados o reconocidos. Todas esas interacciones crean dependencias entre los organismos y su entorno natural formando verdaderas redes.

Cambios en las características del entorno natural o en la presencia o abundancia en las especies pueden tener efectos negativos en todo el ecosistema. Por eso es importante asegurar la conservación de las especies y de sus interacciones.

¿Qué son los bienes y servicios ambientales?

Los seres humanos recibimos muchos beneficios de la biodiversidad, los cuales generalmente se clasifican como bienes y servicios ambientales. Son beneficios que en la historia de la humanidad han hecho y continúan hoy en día, haciendo posible nuestra vida en la Tierra, por eso es importante reconocer qué significan esos términos, cuál es su importancia en las regiones cafeteras y cómo asegurar su conservación.

Bienes ambientales. Son los productos de la biodiversidad que utilizamos los seres humanos con muchos fines diferentes. El alimento y muchos materiales que se usan para la construcción de viviendas, fabricación de vestidos, producción de medicamentos y otros productos industriales, son bienes que se obtienen de plantas, animales o microorganismos presentes en los ecosistemas. Todas las especies de plantas y animales que hoy se utilizan en la industria agropecuaria tuvieron su origen en especies silvestres que las comunidades humanas encontraron en la naturaleza y que gradualmente lograron domesticar. Muchos productos de la biodiversidad también han sido históricamente usados como materias primas con fines medicinales e industriales. Más recientemente, los desarrollos tecnológicos han permitido identificar muchos

más recursos que puede suministrar la biodiversidad – los llamados recursos genéticos, este hecho ha abierto un enorme potencial en el desarrollo de medicinas, más productos de uso industrial y nuevas variedades de plantas y animales útiles.

Servicios ambientales. Son aquellos procesos y funciones que desempeñan los ecosistemas naturales y sus especies, y que mantienen condiciones y satisfacen necesidades de la vida humana. Muchas especies de fauna, por ejemplo, polinizan las especies de plantas cultivadas, sin la polinización, la producción de muchos productos agrícolas se vería gravemente afectada.

En zonas cafeteras, los gallinazos, como especies carroñeras, eliminan los cadáveres de animales muertos, la vegetación en rastrojos ayuda a controlar la erosión en zonas de ladera, la fauna y la flora en el suelo contribuye a su formación y fertilidad, y las plantas acuáticas desempeñan un papel importante en descontaminación de las aguas. Los bosques – los ecosistemas boscosos – proveen servicios ambientales de especial importancia, ya que contribuyen con la regulación hídrica en las cuencas y a la regulación del clima regional; además aportan con la captura de carbono a la mitigación de los cambios globales en las condiciones ambientales.

La biodiversidad también proporciona posibilidades para la recreación, el deporte y las manifestaciones culturales. El ecoturismo, que aparece con potenciales económicos en zonas cafeteras, también es un servicio ambiental de la biodiversidad.

¿Cómo está compuesta la biodiversidad en zonas cafeteras?

En las regiones cafeteras de Colombia la biodiversidad actual incluye una mezcla de especies o grupos de especies de diferentes orígenes: Especies originales de la región, especies traídas por los seres humanos desde otras partes del mundo y especies invasoras.

Especies originales. El primer grupo incluye todas las especies y ecosistemas originales de las regiones andinas en donde hoy se cultiva el café. Este grupo está compuesto principalmente por especies, comunidades y ecosistemas boscosos, que en la evolución se adaptaron a la vida en regiones montañosas tropicales del norte de Suramérica.

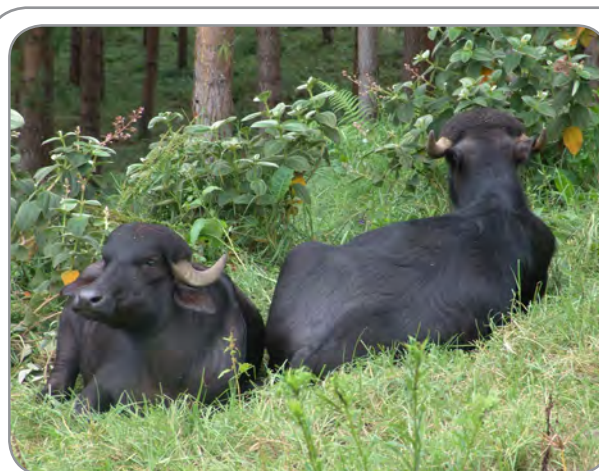
La alta riqueza de especies en este grupo se debe en parte a la compleja topografía de la región andina, la amplia variación altitudinal y la existencia de tres cordilleras separadas por valles de poca altitud, que han creado condiciones para la diversidad biológica. Estudios



Tángara Real (*Tangara cyanicollis*)

realizados indican que la riqueza de algunos grupos taxonómicos aumenta a elevaciones medias. **Debido a los cambios ocurridos al transformar estas regiones para la agricultura, con una alta densidad humana, este grupo ha sufrido una reducción significativa en su riqueza, abundancia y diversidad.**

Especies introducidas por los seres humanos. El segundo grupo comprende todas las especies cultivadas y domesticadas, que han sido introducidas por las comunidades humanas que colonizaron las regiones andinas, en los últimos cuatro o cinco siglos. En su gran mayoría son especies que han sido traídas de otras partes del mundo y que han sido adaptadas a las condiciones montañosas y climáticas andinas.



Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*)

El café, en primer lugar, es originario del África; diversas especies de bananos y plátanos de Asia, los cítricos de Asia, la caña panelera de Oceanía; muchas especies de pastos han sido introducidas del África, como el pasto kikuyo. También se han introducido muchas especies medicinales y ornamentales para embellecer los jardines

de las fincas cafeteras, los cartuchos y los agapantos tuvieron su origen en África, las veraneras son originarias de las regiones mediterráneas. Igualmente, casi todas las especies de animales domésticos han sido traídas del viejo mundo, como por ejemplo, el ganado vacuno, los caballos, las cabras, las gallinas, los perros y los gatos; solamente los patos reales (*Cairina moschata*) y los pavos o piscos (*Meleagris gallipavo*), son especies originalmente domesticadas en el nuevo mundo.

Después de varios siglos, esas especies introducidas se han adaptado a las condiciones de las regiones andinas de Colombia y se puede decir que hacen parte de los agroecosistemas presentes hoy.

Especies colonizadoras. Un tercer grupo de especies comprende aquellas que han colonizado los agroecosistemas andinos cafeteros, provenientes de otras regiones del país. En su mayoría son especies que han aprovechado los cambios que han ocurrido como efecto de la colonización y desarrollo agrícola, son especies de zonas abiertas no boscosas, que se han beneficiado por la deforestación.



Sicalis coronado (*Sicalis flaveola*)

El sicalis coronado (*Sicalis flaveola*), llamado también canario costeño, es una especie de ave granívora originaria de sabanas y zonas abiertas de la Costa Caribe y Llanos Orientales (Hilty y Brown, 1986), que ha logrado colonizar muchas regiones cafeteras, posiblemente como resultado de la desaparición de las barreras que presentaban para su dispersión, los bosques y selvas. Hay otras especies de fauna y flora, como el atrapamoscas ganadero (*Machetornis rixosus*), la mirla parda (*Turdus grayi*) y el carpintero habado (*Melanerpes rubricapilus*) que también se han beneficiado con los cambios ocurridos y han logrado integrarse a lo que hoy se denomina el agroecosistema cafetero, incluso algunas que han llegado o tienen el potencial de convertirse en verdaderas plagas.

¿Cuáles son los principales problemas para la biodiversidad en zonas cafeteras?

Diversos y de diferentes tipos son los problemas que afectan la biodiversidad en las regiones cafeteras. Su magnitud y efecto posiblemente varía entre regiones, pero en la mayoría de los casos no han sido adecuadamente medidos o evaluados. Sin embargo, en términos generales es reconocido que los siguientes problemas ambientales afectan la biodiversidad hoy.

La deforestación y resultante fragmentación.

En las regiones andinas, la deforestación ha afectado y continúa afectando significativamente muchas regiones, hasta el punto que en muchas ya no existen bosques de tamaños considerables y en la mayoría sólo quedan fragmentos de tamaños menores. Además, la mayoría de esos fragmentos ha sufrido graves deterioros en su composición, son de tamaños pequeños y están aislados unos de otros.

Como resultado de estos procesos de deforestación y fragmentación, muchas de las especies de los bosques originales han sido eliminadas de muchas regiones. La deforestación causa además desprotección de los cauces y falta de regulación de las cuencas.

Erosión y deterioro del suelo. La erosión del suelo causada por diferentes conflictos en su uso, también tiene efectos graves en la biodiversidad original. Un análisis realizado sobre el estado de los suelos en el país indica que cerca del 50% de los suelos del territorio nacional presenta algún grado de erosión y que el área afectada aumenta cada año. En la región andina, que es donde se cultiva el café en Colombia, el problema de erosión en el grado de severa, sobrepasa en un 80% los suelos afectados (MADS, 2012).

La contaminación. La contaminación resultante en el proceso del cultivo del café, por el uso de agroquímicos de categorías toxicológicas altas y por la inadecuada disposición y manejo de los subproductos generados en el proceso de beneficio del café y en las actividades domésticas, contribuye a la pérdida de la biodiversidad y al deterioro de los recursos suelo, agua y aire.

En Cenicafé se evaluó el impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café: Aguas del lavado tratadas anaerobiamente y no tratadas, mucílago proveniente del desmucilaginado mecánico y drenados de la pulpa y del mucílago obtenidos en el módulo Becolsub. Se utilizó el alga *Chlorella vulgaris*, el pez *Lebistes reticulatus* y el microcrustáceo *Daphnia pulex*. Se determinó la CE₅₀ (Concentración efectiva media) para el alga y la CL₅₀ (Concentración letal media) para

los otros dos bioindicadores. El drenado de la pulpa y del mucílago causó el mayor efecto, con una concentración efectiva media (En función de la DQO) de 495 ppm para *C. vulgaris*, una CL_{50} de 390 ppm para *D. pulex* y 290 ppm para *L. reticulatus*. Las aguas del lavado tratadas anaerobiamente generaron el efecto menos nocivo. *L. reticulatus* fue el organismo más sensible y se demostró que todos los efluentes del beneficio húmedo sin tratamiento pueden ser tóxicos en el ecosistema, en concentraciones superiores a 300 ppm de DQO. Las aguas del lavado tratadas anaerobiamente son tóxicas en concentraciones superiores a 500 ppm. Todos los efluentes deben ser tratados antes de ser vertidos a los cuerpos de agua, inclusive aquellos provenientes del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (Matuk *et al.*, 1997).

Cacería y tráfico de fauna. La cacería elimina de forma directa ciertas especies de animales, lo que puede llegar a causar su extinción local, es decir, su desaparición en localidades o regiones, o ponerlas en riesgo de extinción. La cacería es aun una práctica común en zonas rurales de Colombia y se realiza en forma no sostenible. En algunas regiones cafeteras, la cacería puede haber sido una de las causas de la desaparición de especies de aves y mamíferos de tamaños mayores, como de especies de pavas, venados, osos y saínos.

El comercio ilegal de vida silvestre es también un problema de grandes dimensiones, que tiene un efecto potencial muy significativo sobre algunas especies, como varias especies de loros, guacamayos y primates. Ya que en Colombia, esta práctica está penalizada por la ley, se han visto avances en su control, con efectos benéficos en la fauna.

Especies invasoras. Las especies exóticas invasoras han llegado a convertirse en una de las mayores causas de extinción de biodiversidad en el mundo. Se denominan especies exóticas aquellas que han sido introducidas a regiones diferentes a aquellas de donde son originarias. Se dice que éstas se convierten en especies invasoras cuando su presencia, abundancia y distribución tiene un impacto negativo sobre las especies, los hábitats o los ecosistemas nativos de una región. Las especies invasoras pueden competir y causar la extinción de especies nativas, causar desequilibrios ecológicos y en ocasiones transmitir enfermedades que afectan la salud humana o de los animales domésticos o causar impactos económicos negativos.

En Colombia dos especies de truchas, la rana toro y la hormiga loca son consideradas especies exóticas invasoras, que están causando graves daños a la biodiversidad nativa. Entre las plantas, la enredadera conocida como ojo de poeta y el tulipán africano son especies originarias de África, que han sido identificadas como invasoras.

Finalmente, es importante destacar un último factor:

Falta de conciencia y educación ambiental. El desconocimiento acerca de los efectos y consecuencias de nuestras acciones sobre los recursos naturales, y específicamente en la biodiversidad, es un verdadero problema en conservación. A este desconocimiento sobre temas ambientales en ocasiones se suma la falta de conciencia sobre la importancia de asegurar un ambiente sano y del papel que todos tenemos en contribuir a la conservación.

La captura o tenencia de animales silvestres en la finca, con frecuencia con el objetivo de disfrute o adorno, en ocasiones se hace sin conocer el efecto negativo sobre la biodiversidad. Pero el tráfico de fauna, que incluye la captura y transporte de los animales silvestres, causa no sólo la muerte de muchos animales, sino también disminuciones graves en las poblaciones silvestres. La deforestación, que en ocasiones se hace con fines económicos solamente, puede también tener efecto sobre las fuentes de agua, la conservación de los suelos y en últimas sobre la sostenibilidad ambiental en las fincas. Por esto es necesario realizar programas de educación ambiental que permitan aumentar el conocimiento que tenemos sobre los recursos naturales y la biodiversidad, y crear conciencia sobre su importancia, para que podamos usarlos de manera adecuada, y nuestra generación y las venideras puedan seguir disfrutando de los servicios ambientales durante muchos años.

Resultados de los estudios sobre biodiversidad en zonas cafeteras

¿Qué indican los estudios de Cenicafé sobre el estado de la biodiversidad en zonas cafeteras de Colombia?

La biodiversidad en las regiones cafeteras de Colombia es un tema que desde el punto de vista científico y de la conservación sólo ha recibido atención en las últimas décadas. Los estudios realizados por Cenicafé y otras instituciones incluyen algunos grupos taxonómicos, realizados en algunas localidades cafeteras y sobre temas puntuales. Es necesario avanzar en temas relacionados con la ecología y estado de las especies, las comunidades y los ecosistemas y ampliar la cobertura a regiones que no han sido estudiadas. Sin embargo, ya es posible sacar algunas conclusiones sobre el estado de la biodiversidad en las zonas cafeteras de Colombia.

En los paisajes cafeteros existe una alta riqueza de especies para algunos grupos taxonómicos

Aunque la línea base sobre biodiversidad en zonas cafeteras es aun incipiente, existen estudios que indican que algunos grupos taxonómicos cuentan con alta riqueza, es decir, con muchas especies diferentes. Por ejemplo, en la base de datos ornitológicos, construida a partir de los resultados de los estudios realizados por Cenicafé, se han registrado más de 400 especies de aves en las localidades visitadas hasta el momento. A pesar de que los estudios se realizaron en un paisaje agrícola intervenido y en un rango altitudinal estrecho, esta cifra corresponde aproximadamente al 25% de las especies de aves de Colombia, evidenciando una gran riqueza de aves. En otros estudios se han encontrado más de 50 especies de murciélagos, solo en el Eje Cafetero (Castaño y Botero, 2004; Castaño *et al.*, 2004), y más de 500 especies de plantas en inventarios botánicos que abarcan unas pocas localidades (Orrego *et al.*, 2004a; Orrego *et al.*, 2004b; Sánchez *et al.*, 2008b, 2009, 2010). También se ha documentado una alta riqueza a nivel regional o local en otros taxa como hepáticas (Orrego y Uribe 2004), briófitos (Orrego, 2005), hormigas (García *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2008b, 2009, 2010) y mariposas (Valencia-Martínez *et al.*, 2005).

Algunos grupos faunísticos no parecen contar con una rica diversidad, como los mamíferos no voladores, es decir, los mamíferos diferentes a los murciélagos. Sin embargo, a medida que más estudios incorporen otros grupos taxonómicos y se aumente la cobertura regional a otras regiones cafeteras del país, será posible enriquecer la línea base y documentar la rica biodiversidad de otros grupos taxonómicos en las regiones cafeteras de Colombia.



Las investigaciones sobre la biodiversidad en otros paisajes cafeteros del mundo confirman el potencial del cultivo del café para la conservación de la biodiversidad (Komar, 2006). En Colombia, aunque se cuenta con información que permite hacer evaluaciones iniciales sobre los problemas y potenciales para la conservación y uso de la biodiversidad en algunos paisajes rurales, aún queda mucho por investigar.

Es posible afirmar que la línea base sobre biodiversidad en las zonas cafeteras todavía es deficiente, y que deberá ser enriquecida por la investigación en el futuro cercano. Es urgente avanzar en las caracterizaciones de la biodiversidad en muchas regiones cafeteras del país, teniendo en cuenta la diversa gama de tipos de caficultura. Estas caracterizaciones se deben continuar sobre diferentes grupos taxonómicos, a diferentes escalas espaciales y temporales, de manera que sea posible concluir en diagnósticos adecuados. La investigación también debe avanzar en la evaluación y valoración de los servicios ambientales que presta la biodiversidad en el paisaje cafetero, para poder asegurar el aprovechamiento de sus beneficios y buscar herramientas para asegurar su sostenibilidad.

La biodiversidad a nivel regional es alta gracias a la heterogeneidad espacial

A diferencia de la gran mayoría de los paisajes productivos del mundo moderno, el paisaje cafetero colombiano presenta una muy alta heterogeneidad espacial. En la mayoría de las regiones cafeteras existe una diversidad de cultivos, algunos perennes como los frutales y los forestales y otros anuales o transitorios, como el maíz y la caña panelera; existe también diversidad en los usos del suelo y coberturas vegetales; además de cultivos y potreros, también se encuentran jardines, fragmentos de bosque, rastrojos y cañadas arborizadas. Esta heterogeneidad es incrementada por la diversidad en los sistemas de producción de café, con sombra, semisombra o al sol, y por el pequeño tamaño de las fincas. Es un paisaje ocupado por muchas pequeñas propiedades, en vez de extensas fincas.

Esa alta heterogeneidad espacial genera una alta diversidad en los hábitats y, por lo tanto, crea la posibilidad para la existencia de una rica biodiversidad, que aunque es diferente a la de los ecosistemas naturales de la región, puede asemejarse más a la de los bosques que a la de los paisajes rurales más homogéneos de otras regiones del país o del mundo.

Esta heterogeneidad del paisaje rural cafetero fue claramente documentada en un estudio sobre la biodiversidad a nivel regional, que se realizó en tres localidades cafeteras entre 2003 y 2004, situadas en diferentes regiones y con caficulturas distintas: En El Cairo (Valle del Cauca), en Támesis (Antioquia) y en una región que comprende sectores de los municipios de San Gil, Pinchote, Páramo y Socorro en Santander.

Al caracterizar la biodiversidad en áreas de 2,5 km² en cada una de esas tres regiones, los cultivos de café bajo sombra se definieron como la matriz del paisaje (El elemento de paisaje más abundante y dominante

de las dinámicas espaciales), y embebidos en éstas se encontraron también fragmentos de vegetación natural, en diferentes estados de sucesión, como bosques secundarios o rastrojos altos; potreros con diferentes tipos de manejo, como arbolados o con rastrojo; otros tipos de cultivos, como caña panelera; y elementos lineales como cercas vivas y cañadas arborizadas (Sánchez et al., 2008a). Además, se encontró diversidad en los tipos de caficultura: cafetales a libre exposición o bajo sombra, y a lo largo de las cañadas, como en el caso de El Cairo. Se encontraron incluso diferencias marcadas en la estructura y diversidad de los sombríos en las tres regiones (Sánchez et al., 2007).

Los cafetales de Santander se destacan por tener sombríos más densos, diversos y heterogéneos, en El Cairo y Tamesis los sombríos estaban dominados por una o dos especies. En otras zonas cafeteras del país se encuentran otros tipos de parches remanentes de vegetación natural: Por ejemplo, los bosques de roble en el sur del Huila (Aguirre-Acosta, 2009) y los fragmentos de bosque muy húmedo premontano y de guaduales en los departamentos del Eje Cafetero (Orrego et al., 2004a); así como otros tipos de cultivos como frutales, plátano, maíz y frijol, en algunos casos sembrados en asocio con el café. Esa heterogeneidad de lo que se conoce como el paisaje cafetero colombiano ha sido documentada para todas las regiones cafeteras del país en los inventarios cafeteros (FNC, 1970, 1976, 1983), en los que además se registran las marcadas diferencias entre regiones del país en cuanto a los usos del suelo y hábitats presentes.

Además de heterogéneo, el paisaje cafetero es cambiante y dinámico. Análisis geográficos espaciales adelantados por Guhl (2004), con base en los resultados de los censos cafeteros, indican que entre las décadas de los años 1970 y 1990 ocurrieron cambios sustanciales en el área y distribución del café y en los usos del suelo, y que estos cambios han resultado en una diversificación del paisaje. El análisis indicó por ejemplo, que la intensificación de la producción cafetera ha estado acompañada de una reducción en el área cultivada en café y en pastos, y en el aumento en el área de otros cultivos.

Esta diversidad de hábitats genera niveles altos de biodiversidad regional. En las caracterizaciones regionales de la biodiversidad ya mencionadas, encontramos diferencias en la riqueza, diversidad y composición de las biotas según el elemento del paisaje (Sánchez et al., 2008a). La comparación de las especies de plantas presentes en los diferentes elementos del paisaje en cada una de las tres localidades, indicó que éstos comparten menos del 50% de las especies, a pesar de estar en la misma localidad y de ser manejados por las mismas comunidades. **Esto nos**

indica que cada elemento de paisaje es un hábitat único en cuanto a estructura y composición. Las comparaciones semejantes, utilizando las comunidades de aves y hormigas, también mostraron diferencias en composición según el elemento de paisaje, aunque en menores magnitudes que las de las plantas. Se debe destacar que se encontraron especies exclusivas de los tres grupos (Plantas, aves y hormigas) en cada uno de los tipos de hábitats (Sánchez et al., 2008b, 2009, 2010). Por lo tanto, cada elemento del paisaje hace un aporte diferente a la biodiversidad regional.

El alto grado de transformación en las zonas cafeteras ha ocasionado un deterioro de la biodiversidad original

Los cambios ocurridos en los ecosistemas naturales en las regiones andinas donde se cultiva el café han ocasionado cambios importantes en la biodiversidad. Si bien, en el presente algunos grupos taxonómicos presentan una rica diversidad y algunos sistemas de producción de café favorecen la biodiversidad, los cambios ocurridos también han tenido un efecto negativo sobre la biodiversidad original. El agroecosistema cafetero es muy diferente a los ecosistemas naturales que antiguamente cubrían estas regiones. Aunque no existe una línea base de la biodiversidad original en estas regiones, con la cual hacer comparaciones adecuadas, es posible afirmar que algunas especies, grupos de especies, comunidades y ecosistemas originales han sufrido cambios significativos.



Los especialistas de bosque, las especies de mayor tamaño, de distribuciones restringidas o con poblaciones pequeñas son especialmente vulnerables, es decir, que tienen mayores posibilidades de desaparecer. También son sensibles aquellas especies con respuestas negativas fuertes a los cambios antrópicos o que están bajo presiones de caza y comercio. Grupos como los anuros (ranas y sapos) parecen estar seriamente afectados, aunque existen muy pocos estudios sobre la conservación de este grupo faunístico en las zonas cafeteras de Colombia.

La evidencia existente sugiere motivos de preocupación por el estado de los anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid *et al.*, 2004) y dos estudios preliminares realizados sobre anuros en dos zonas cafeteras confirman diferencias regionales marcadas en el estado de las comunidades de estos grupos (Alzate-Basto, 2007; Bravo, 2007).

Los cambios ambientales ocurridos en las regiones cafeteras han tenido por un lado un efecto positivo en algunas especies, comunidades y ecosistemas y, por otro, un efecto negativo sobre otras. Algunas especies han experimentado aumentos en su abundancia y distribución. La gran mayoría de las especies cultivadas, que hacen parte del agroecosistema cafetero, se han beneficiado por los cambios ambientales, pero en especial por las actividades humanas. Son especies por las cuales, en términos generales, las comunidades humanas activamente contribuyen en su reproducción y dispersión. Para muchas especies vegetales cultivadas existen programas de producción de semillas, establecimiento de viveros e incluso de selección de variedades más productivas, más aptas y más resistentes a las enfermedades. En cuanto a las especies animales, existen también programas de cría, reproducción y selección.

Además de esas, muchas especies colonizadoras e incluso muchas especies originales se han beneficiado también de los cambios ambientales ocurridos en la transformación de las selvas al agroecosistema cafetero. Especies generalistas y de vulnerabilidades bajas, especies adaptadas o adaptables a las zonas abiertas y especies para las cuales sus recursos disponibles han aumentado o los enemigos o competidores naturales han disminuido, son especies cuyas poblaciones y distribución han aumentado.

Algunas especies se podría decir que se han convertido en especies dominantes en el agroecosistema cafetero, debido a su alta abundancia y amplia distribución. Además de las especies que por su utilidad, efectos benéficos o afecto cultural son propagadas y protegidas por las comunidades humanas, hay especies que se han convertido en verdaderas plagas. La abundancia y prevalencia de los organismos que causan enfermedades en los cultivos y animales domésticos son mayores que antes de que se constituyera el agroecosistema cafetero. Pero hay también especies que se han beneficiado por los cambios en los ecosistemas. Varias especies de aves tienen hoy abundancias mayores a las que tenían anteriormente.

En contraste, muchas especies también han experimentado disminuciones muy significativas como efecto de la transformación de las selvas y bosques originales hacia el agroecosistema cafetero, entre las que se encuentran aquellas más especializadas, especialmente aquellas de hábitats boscosos, las de vulnerabilidades más altas, las

de mayores tamaños y las con requerimientos mayores de área o territorio disponible. También han disminuido las poblaciones de especies susceptibles a la cacería y tráfico de fauna y flora, y posiblemente aquellas susceptibles a la contaminación.

Algunas de las especies que han sido más gravemente afectadas han sido clasificadas en alguna categoría de amenaza en los libros rojos de las especies de Colombia. Muchas otras especies posiblemente también lo estén y merezcan ser incluidas en las listas rojas, pero para ellas no existe información suficiente sobre el estado de sus poblaciones.

Los fragmentos de bosque son un refugio para la fauna original de las regiones cafeteras

Los fragmentos de vegetación natural, especialmente los pequeños parches de bosques, que aun existen, son el principal refugio para la biodiversidad original de las regiones cafeteras. Los resultados de los estudios realizados por Cenicafé sobre las aves de zonas cafeteras ilustran este hecho. De las 385 especies de aves, en los distintos tipos de fragmentos de vegetación natural en las zonas cafeteras, 107 de éstas están exclusivamente en este tipo de ecosistemas, y 278 son especies compartidas con los cafetales con sombra. En este gran grupo se encuentra el 91% de todas las especies de aves amenazadas, 85% de las endémicas y 84% de las migratorias observadas hasta ahora como parte de los proyectos de Cenicafé. Además, en los estudios regionales de biodiversidad adelantados por Cenicafé en El Cairo (Valle), se encontró la mayor proporción de especies de aves con vulnerabilidad alta y media en fragmentos de bosque secundario, que además albergan la mayor proporción de plantas nativas y de especies de importancia para la conservación (Figura 1) (Sánchez *et al.*, 2009a; Castaño y Cardona, 2005).

Es bien sabido que la mayoría de las especies asociadas a los grandes bosques ya se perdieron, especialmente especies de gran tamaño, las especies especializadas y vulnerables a los cambios ambientales, y las especies afectadas por la cacería o la explotación maderera y comercio de fauna y flora. Además, las especies de bosque que aún habitan fragmentos en paisajes cafeteros están en peligro de desaparecer debido al alto nivel de intervención y deterioro de los mismos, a sus tamaños reducidos y al alto nivel de aislamiento entre fragmentos. Al estudiar la diversidad de plantas, aves y murciélagos en 15 fragmentos de bosque en la región cafetera centro occidental de Colombia (Quindío, Risaralda, Caldas y sur de Antioquia), se encontraron bosques pequeños, con altos grados de deterioro y aislamiento (Orrego *et al.*, 2004a). Además, se encontraron diferencias muy marcadas entre las comunidades de aves y murciélagos de cada fragmento,

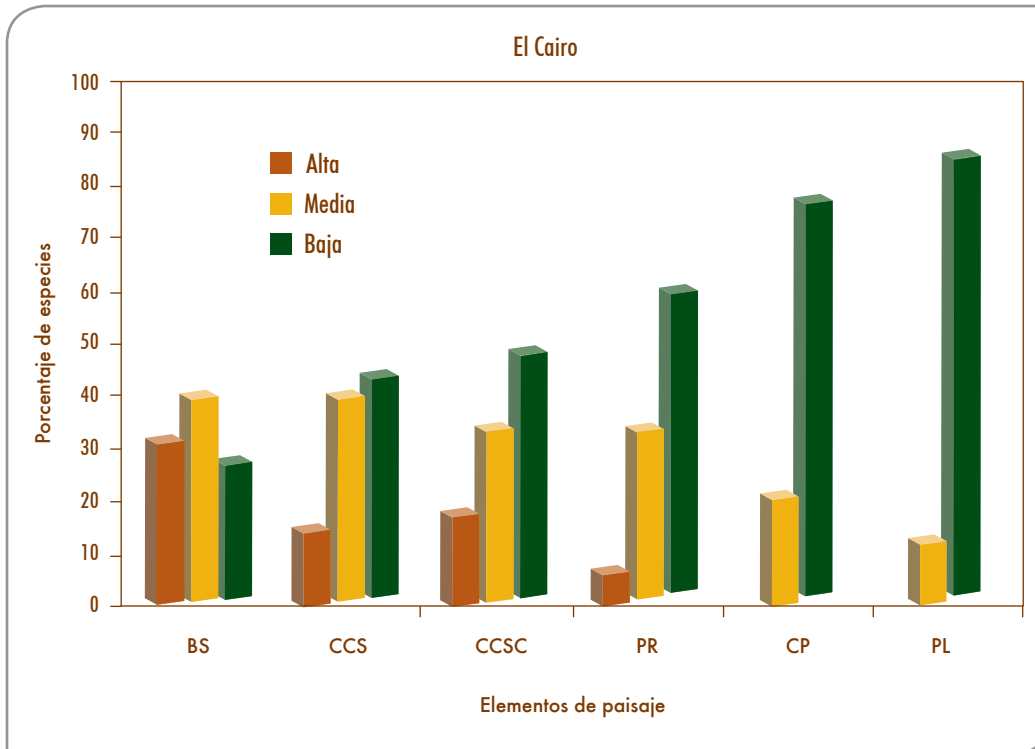


Figura 1.

Porcentaje de especies de aves de vulnerabilidad alta, media y baja, en los elementos del paisaje cafetero en El Cairo (Valle del Cauca). (BS: Bosque, CCS: Café con sombra, CCSC: Café con sombra en cañada, PR: Potreros con rastrojo, CP: Caña panelera, PL: Potrero limpio).

y muy pocas especies amenazadas, corroborando el grado de deterioro y extinción ya ocurrido. La carencia o grave estado de deterioro de los fragmentos de bosque es una situación generalizada en muchas otras regiones del país.

Pero también existen regiones en donde el estado y valor de los fragmentos de bosque nativo presentan oportunidades especiales para la investigación y la conservación. Éste es el caso de los fragmentos de bosque de roble en la zona cafetera del sur del Huila, cuyo valor científico y biológico, así como su contribución a la conservación de la biodiversidad tanto regional como global, ya ha sido confirmado en estudios de Cenicafé (Aguirre-Acosta, 2009; Aguirre-Acosta y Botero, 2009; Botero y Parra, 2012). En un estudio ornitológico realizado por Paiba (2009), en cuatro fragmentos de bosque de roble en esta zona cafetera, registró 107 especies de aves, de las cuales seis están catalogadas bajo algún grado de amenaza en la lista roja de las aves de Colombia, tres son endémicas y una casi endémica de Colombia.

Hacia el futuro, la conservación de los fragmentos de bosque en Colombia no está asegurada. Actualmente los remanentes ubicados en el piso térmico andino, correspondiente a las zonas cafeteras, por lo general, están situados en tierras privadas y carecen de un estatus formal de conservación. Su protección y enriquecimiento es una de las herramientas de conservación requeridas más urgentemente en los paisajes cafeteros.

La identificación y valoración de los servicios ambientales que presta la biodiversidad en los fragmentos de bosque, pero en especial de los servicios que presta a los agroecosistemas, es un tema de interés científico y que merece atención de la investigación. Además, por medio de la investigación, es necesario desarrollar estrategias de restauración y conservación de esos fragmentos.

Algunos sistemas de producción de café han demostrado albergar una rica biodiversidad

Los cafetales con sombra, pero especialmente aquellos con sombríos diversos en cuanto a su composición y estructura, suministran hábitat para muchas especies de fauna. Además, en regiones en donde predomina el café bajo sombra, éste conforma una matriz del paisaje que es amigable con la biodiversidad. Los cafetales con sombra adquieren especial importancia en regiones en donde debido a la deforestación se han eliminado los bosques. En esas zonas, los sombríos suministran la principal cobertura arbórea y, por lo tanto, el hábitat para las especies que requieren de zonas con árboles. Los cafetales con sombra, tienen un papel importante en la conservación pues enriquecen la conectividad, es decir, sirven como corredores de conservación, y en zonas de amortiguación de parques o reservas naturales.

La base de datos ornitológicas incluye 320 especies de aves dentro de algún tipo de cafetal con sombra, 42 de éstas reportadas exclusivamente para este

tipo de hábitat, y 278 compartidas con los parches de vegetación natural. Estas especies incluyen el 48% de las especies amenazadas, 71% de las endémicas y 90% de las migratorias observadas hasta ahora. En el estudio regional de biodiversidad mencionado previamente, se documentó el aporte de los sombríos a la diversidad regional de diferentes taxa como alta para aves y hormigas, y baja para plantas (Sánchez et al., 2007). Sin embargo, las diferencias entre las comunidades de aves que habitan los sombríos versus otros elementos del paisaje, es mayor en grupos como las aves, que en grupos aparentemente más sensibles a los procesos de transformación del paisaje, como las hormigas (Sánchez et al., 2008a).

No todos los tipos de sombra son iguales desde el punto de vista de la conservación y bajo ninguna circunstancia reemplazan los bosques. El número de especies de plantas presentes en los cafetales, incluso con sombrío, es mucho menor que el encontrado en rastrojos y bosques secundarios (Sánchez et al., 2008a). Aunque los cafetales con sombrío albergan una alta riqueza de aves, es en los fragmentos de bosque en donde se encuentra el mayor número de especies exclusivas y vulnerables, como se observó en el caso de El Cairo (Sánchez et al., 2009). Además, como lo documentó Gómez (2006), para los sombríos muy heterogéneos y diversos de Santander, varios grupos o familias de aves, típicas de los bosques, están ausentes. Es el caso, por ejemplo, de muchas de las especies de sotobosque, de los frugívoros mayores y de las especies de mayor tamaño. Los especialistas de bosque no son ni frecuentes, ni abundantes en los sombríos, éstos tienen un papel importante en la conservación de la biodiversidad, pero no reemplazan el bosque.

Muchos de los elementos tradicionales de los paisajes cafeteros aumentan la cobertura arbórea y promueven la conectividad para la fauna

Usos del paisaje como cercas vivas, potreros arbolados y cañadas arborizadas ocupan áreas relativamente pequeñas, pero pueden tener un papel muy importante en cuanto a la conectividad de los paisajes para las especies de bosque. Además, estos elementos de conexión también hacen un aporte importante a la diversidad, como lo evidencia la riqueza de aves, hormigas y plantas presentes en cercas vivas, potreros arbolados y potreros con rastrojo, en la zona cafetera de Támesis en Antioquia (Sánchez et al., 2010) (Tabla 1). Sin embargo, estos elementos no son utilizados de forma deliberada en procesos de planeación ecológica del paisaje, por lo que su extensión, localización y configuración no necesariamente están potenciando su papel como corredores y hábitat para la fauna.

Tabla 1.

Número de especies de plantas, aves y hormigas en diferentes elementos del paisaje cafetero de Támesis, Antioquia.

Uso y manejo del paisaje	Número de especies		
	Plantas	Aves	Hormigas
Rastrojos altos	128	59	64
Café con sombra	43	83	62
Cercas vivas	75	50	65
Potreros arbolados	61	50	64
Potreros con rastrojo	38	50	56
Café a libre exposición	11	29	30

Debido al alto grado de deforestación y la fragmentación resultante, los paisajes rurales productivos, como el cafetero, presentan bajos niveles de conectividad para la biodiversidad del bosque. Como resultado de ese aislamiento, la biodiversidad es gravemente afectada. Por esa razón, identificar esos elementos que promueven la conectividad, pero sobre todo, utilizarlos en forma deliberada en la planeación del paisaje, pueden tener efectos significativos en la biodiversidad (Lentijo et al., 2013).

El contexto regional es un factor determinante de la riqueza y composición de las comunidades en cada elemento del paisaje

Los estudios realizados en Cenicafé, a nivel regional, permiten concluir que el aporte que hacen los diferentes elementos del paisaje o los diferentes hábitats a la conservación de la biodiversidad no solo depende de las características internas de ese elemento o hábitat. Ese aporte depende también del contexto regional.

Por ejemplo, las diferencias encontradas en la diversidad de plantas, aves y hormigas en los cafetales con sombra en el Valle, Antioquia y Santander (Sánchez et al., 2008a) no se explican únicamente por las diferencias en la composición y estructura de estos sombríos, y parecen deberse también a las diferencias en el contexto regional (Figura 2). En esta caracterización regional, los cafetales de Támesis aunque tienen sombríos muy homogéneos, en los que tan sólo cinco especies de árboles constituyen el 97,5% de los individuos en los sombríos estudiados, tienen una importante alta riqueza asociada de hormigas terrestres y aves (Sánchez et al., 2007; Sánchez et al., 2008a). Esta riqueza probablemente se debe a las características del paisaje de esa región, en el que abundan las cercas vivas, potreros arbolados y rastrojos que promueven la conectividad, y las cañadas arborizadas que conectan los hábitats de la zona cafetera con bosques por encima de los 2.000 m de altitud (Sánchez et al., 2008; Sánchez, 2010).

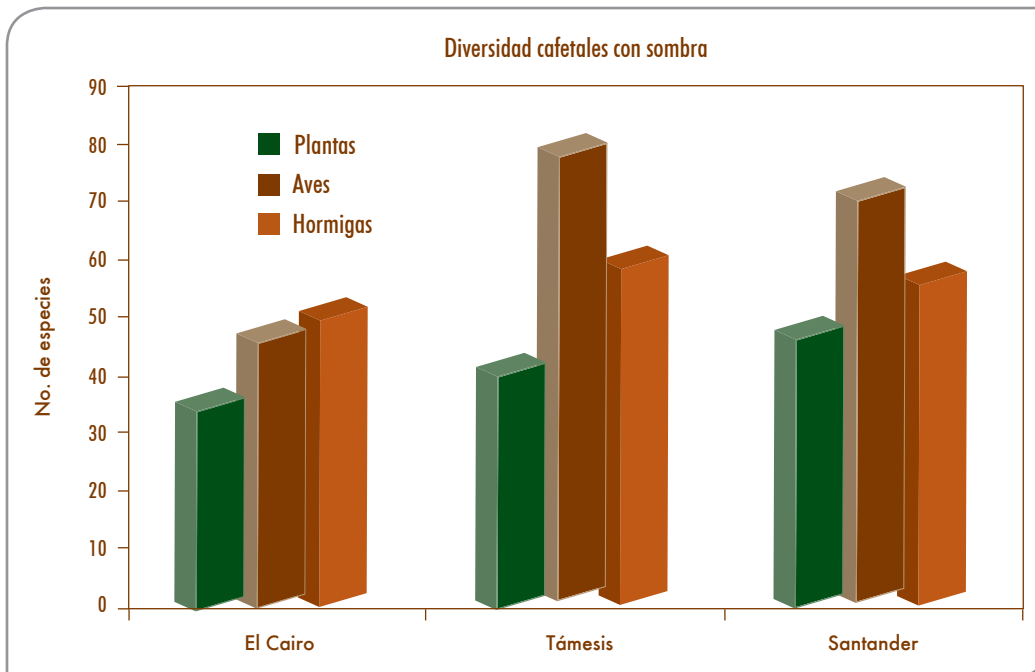


Figura 2 .

Número de especies de plantas, aves y hormigas en cafetales con sombra en El Cairo (Valle del Cauca), Tamesis (Antioquia) y Páramo, Pinchote, San Gil y Socorro (Santander).

La conservación es más efectiva cuando los elementos favorables se agregan a escalas mayores

A mayor área de un hábitat, mayor será el número de especies asociadas al mismo, por lo tanto, de la agregación espacial de características benéficas para la conservación en una región dependerá el impacto que tengan las acciones realizadas a nivel local dentro de cada finca. Un mayor número de bosques o fincas con cafetales con sombra, puede albergar un mayor número de especies propias de hábitats arbolados (Tabla 2), por ende, si más fincas adoptan medidas de conservación, la conectividad y cantidad de hábitat para la biodiversidad de bosque será mucho mayor.

Las certificaciones ambientales al café pueden convertirse en verdaderas herramientas de conservación



Los mercados y certificaciones verdes crean una conexión entre aquellos consumidores dispuestos a pagar más por un café amigable con la biodiversidad y los caficultores que promueven la sostenibilidad ambiental en su finca y su región.

Consideraciones prácticas

Es necesario actuar dentro de la finca, pero también es clave actuar en muchas fincas, para que los efectos benéficos se traduzcan a nivel regional. En la construcción de corredores biológicos, pero en especial en la construcción de corredores de conservación, es indispensable que las acciones se realicen en el mayor número de fincas para que los efectos sean verdaderamente significativos y a nivel regional (Lentijo et al., 2013).

Por lo tanto, los criterios ambientales requeridos por varias de las instituciones que otorgan las certificaciones ambientales pueden tener efectos positivos en la conservación de la biodiversidad regional y sobre los servicios ambientales que suministra la caficultura misma.

Normas que reglamentan la diversidad y estructura del sombrío, uso de pesticidas y otros productos químicos, disposición de los productos del café y protección de las fuentes de agua tienen efectos potenciales significativos sobre la biodiversidad en la finca y a nivel regional. Por ejemplo, los sombríos que cumplen los criterios de *Rainforest Alliance*, orgánico y *Bird Friendly* pueden albergar una rica biodiversidad. Estudios realizados por

Santander	Plantas	Aves	Hormigas
Cafetal con sombra en 1 finca	10 a 24	21 a 35	17 a 28
Cafetales con sombra en 8 fincas	50	75	60
Antioquia	Plantas	Aves	Hormigas
Cafetal con sombra en 1 finca	8 a 19	10 a 47	15 a 35
Cafetales con sombra en 8 fincas	43	83	62
Valle	Plantas	Aves	Hormigas
Cafetal con sombra en 1 finca	7 a 14	14 a 23	18 a 34
Cafetales con sombra en 8 fincas	36	47	49
Cafetales con sombra en tres regiones (24 fincas)	101	121	100

Tabla 2.

Acumulación en la riqueza de plantas, aves y hormigas en cafetales con sombra, a medida que aumenta la agregación espacial o el tamaño del área de estudio.

Cenicafé en paisajes cafeteros de Santander, donde los sombríos cumplen los requisitos para acceder a las certificaciones ambientales y en donde, de hecho, muchos de ellos ya están certificados, indican que esos sombríos albergan una rica diversidad aviar (Gómez, 2006; Sánchez et al., 2008b). Además, pueden ser un hábitat que alberga una alta diversidad y abundancia de especies de aves migratorias procedentes de Norte América. En la región de San Gil (Santander), Gómez (2006) registró 21 especies migratorias boreales, lo que correspondió al 19,8% de las especies y 13,2% de los individuos de la comunidad de aves de la región.



Además de los efectos ambientales que pueden tener las certificaciones ambientales, protegiendo el hábitat y las especies, hay efectos en la cultura de los agricultores hacia el medio ambiente y la biodiversidad.

En un estudio realizado por Cenicafé, se encontró que caficultores certificados con el sello *Rainforest Alliance* tenían un mejor conocimiento sobre la biodiversidad y la conservación y una mayor disponibilidad para actuar en su finca en ese campo (Lentijo et al., 2011). Sin embargo, el aporte de estas certificaciones a la conservación de la biodiversidad debe ser monitoreado, evaluado y de ser necesario, sus criterios deben ser adaptados a la gran variedad de condiciones regionales en todos los países en donde son aplicadas. En el tema de las certificaciones, también hacen falta garantías que le aseguren a los caficultores la efectividad de su inversión.

El enfoque participativo permite pasar de la investigación a la conservación

El programa de censos participativos de aves con comunidades cafeteras que adelantó Cenicafé por cerca de 7 años (Espinosa et al., 2012), suministra evidencia sobre los efectos positivos de los enfoques participativos en la conservación (Gonsalves et al., 2005; Lentijo et al., 2008).



Consideraciones prácticas

Por medio de ese tipo de programas, las comunidades enriquecen su conocimiento sobre la biodiversidad regional y fortalecen el sentido de pertenencia hacia su entorno natural; además, estos programas fomentan la iniciativa y participación comunitaria en la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales que ella suministra. También tienen efecto en el conocimiento, actitudes y comportamiento de los agricultores hacia la biodiversidad y su conservación (Lentijo y Hostetler, 2012) influyendo de esta manera en la misma cultura de las comunidades cafeteras hacia su entorno natural y la sostenibilidad.

Por supuesto, los efectos de los enfoques participativos en la investigación deben ser sometidos a evaluaciones académicas formales, para demostrar su efecto tanto en las actitudes y comportamiento de las comunidades, como en la protección de la biodiversidad (Ferraro y Pattanayak, 2006). Adicionalmente, la red creada por el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros y la

organización del Gremio Cafetero facilitan los trabajos participativos en conservación en las regiones cafeteras de Colombia (Lentijo *et al.*, 2008).

Nuestro conocimiento sobre la biodiversidad es limitado

Los estudios realizados en Cenicafé con comunidades cafeteras indican que los agricultores tienen un conocimiento muy básico sobre la biodiversidad y las relaciones de ésta con los servicios ambientales que nos presta.

En entrevistas personalizadas a 647 agricultores pertenecientes al Programa Forestal KfW de la Federación Nacional de Cafeteros, se encontró que el 51% de los agricultores ha escuchado hablar acerca de la biodiversidad, pero de éstos, sólo el 30% reconoció los diferentes elementos que hacen parte de la biodiversidad. El 48% de los agricultores entrevistados reconoce beneficios de los animales diferentes a los estéticos, y entre éstos, los beneficios que más reconocen son el control de plagas, la dispersión de semillas y el equilibrio que los animales brindan a los ecosistemas. También fueron evaluadas las actitudes frente a la implementación de prácticas de conservación de la biodiversidad. En este caso, los entrevistados tuvieron mejores actitudes frente a: 1.) La posibilidad de asistir a más capacitaciones sobre cómo implementar prácticas de conservación, y 2.) La disposición a invertir jornales de trabajo y no dinero en efectivo para implementar estas prácticas (Lentijo, 2011).

En otro estudio con los caficultores que participaron del programa de censos participativos de aves con comunidades cafeteras, los caficultores entrevistados consideraron que la falta de conciencia ambiental y la falta de conocimiento son las principales barreras para la adopción de prácticas para la conservación de las aves (Lentijo y Hostetler, 2013). Los resultados de estos estudios sugieren que aunque los caficultores pueden estar interesados en conservar la biodiversidad, es necesario enfatizar en programas de educación y extensión, que les provean información precisa sobre cómo y dónde pueden realizar prácticas de conservación sencillas y a bajo costo (Lentijo y Hostetler, 2013).

La adopción de prácticas agrícolas que añadan sostenibilidad también tienen efecto en la conservación de la biodiversidad

Los desarrollos científicos de Cenicafé orientados a la producción sostenible permiten que el impacto ambiental de la caficultura sea cada vez más bajo (Cadena, 2005). Los adelantos en las investigaciones sobre la erosión de los suelos y el desarrollo de medidas para su conservación (Suárez de Castro y Rodríguez, 1962) fueron pioneros en

su campo; el desarrollo de variedades de café resistentes a la roya del cafeto (Castillo y Moreno, 1988), el programa de manejo integrado de la broca (Bustillo *et al.*, 1998) y en el control de muchos otros patógenos (Gil *et al.*, 2003), reducen el uso de productos químicos nocivos para la biodiversidad y el impacto negativo general de la caficultura en el medio ambiente.

El uso de sistemas de beneficio del café que requieren menores cantidades de agua, como en el beneficio ecológico (Roa *et al.*, 1999), el aprovechamiento de los subproductos del beneficio del café como abono (Uribe y Salazar, 1983; Salazar, 1992) o para la producción de hongos comestibles (Rodríguez y Jaramillo, 2004), y el tratamiento adecuado del agua proveniente del beneficio húmedo del café (Roa *et al.*, 1999; Zambrano *et al.* 2006), reducen significativamente la contaminación de las aguas y favorecen la biodiversidad acuática. Sin embargo, es necesario que se evalúen y monitoreen los niveles de adopción de estas medidas, se verifique su uso correcto y se compruebe su efecto positivo hacia la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades humanas.

¿Qué objetivos debe tener la conservación en zonas cafeteras?

Un programa de conservación de la biodiversidad en zonas cafeteras debe considerar la búsqueda de varios objetivos, de acuerdo a las características de la región, a las condiciones en las que se encuentra en el momento y a los recursos y posibilidades.

Conservar la biota original de la región

De los tres componentes de la biodiversidad en las zonas cafeteras, la biodiversidad original, que comprende las especies, comunidades y ecosistemas originales, es el más vulnerable y amenazado de extinción. **Asegurar su protección y conservación debe ser uno de los principales objetivos de un plan regional.**

Proteger los fragmentos de bosque y de otros remanentes de ecosistemas naturales, evitar o reducir la presión sobre ellos y sobre la biodiversidad que ellos albergan, son estrategias que se deben considerar. Es en los bosques en donde una proporción mayor de las especies originales aún se encuentran. Controlar la caza y captura de fauna y la extracción de maderas, son estrategias también útiles, ya que de esta manera se puede incidir efectivamente sobre la conservación de varios grupos de especies.

Fortalecer la conectividad. De esta manera se busca reducir el aislamiento en que se pueden encontrar muchas especies presentes en fragmentos aislados y el cual tiene efectos potenciales graves sobre ellas. Pero también se

busca facilitar la movilidad de muchas especies en la región, permitiendo o facilitando los movimientos que muchas especies tengan o antiguamente hayan tenido. Se ha encontrado, por ejemplo, que hay especies de aves que presentan movimientos altitudinales que pueden estar regidos por los cambios en la disponibilidad de recursos, que puede variar con los cambios estacionales en la región. La creación de conexiones en la región cafetera también puede facilitar esos movimientos.

Fortalecer la sostenibilidad ambiental. Un programa de conservación de la biodiversidad en un paisaje cafetero productivo también debe considerar el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental. La protección de los suelos contra la erosión y el deterioro, la protección de los nacimientos de agua y los cauces, el mantenimiento de la regulación hídrica en las cuencas y el control en la contaminación, entre otros, son medidas que no solo contribuyen a mantener la sostenibilidad ambiental, sino también que son necesarias para promover la conservación de la biodiversidad. **La sostenibilidad ambiental se promueve con un programa educativo sobre buenas prácticas agrícolas.**

Mantener y conservar la biodiversidad cultivada y las especies vegetales aprovechables. Como complemento a los objetivos anteriormente mencionados, en los paisajes rurales productivos es también conveniente buscar la conservación de la diversidad de las especies cultivadas. Programas participativos de recuperación de semillas tradicionales y viveros comunitarios puede ser una estrategia para conservar esta diversidad y mejorar los ingresos de los agricultores.

Prácticas que favorecen la conservación de la biodiversidad en zonas cafeteras

Un programa que tenga como objetivo promover la conservación de la biodiversidad en una región cafetera, y de esta manera mantener los servicios ambientales que son indispensables para la vida humana y la producción, debe incluir acciones desde diferentes perspectivas y considerando aspectos biológicos, sociales, económicos.

Herramientas de manejo del paisaje

Las herramientas de manejo del paisaje para la conservación de la biodiversidad son elementos del paisaje que en una región suministran o mejoran el hábitat para la biodiversidad, incrementan o favorecen la conectividad o simultáneamente cumplen con ambas funciones. Los fragmentos de bosque, las cañadas

arborizadas y las cercas vivas, son ejemplos de esos elementos del paisaje rural que aportan a la conservación de la biodiversidad, los cuales suministran hábitat para algunas especies o contribuyen al movimiento de éstas u otras especies a través de la región, enriqueciendo así la conectividad. En regiones rurales productivas muy alteradas, posiblemente es necesario construir las herramientas. En aquellas en donde el grado de alteración es menor, es posible enriquecer, fortalecer o complementar las herramientas existentes.



Protección y enriquecimiento de remanentes de vegetación natural



Los fragmentos de bosque, que son esas pequeñas áreas de bosque a las que se han reducido las grandes masas boscosas que antiguamente cubrían las regiones andinas, como se ha dicho antes, son el principal refugio para la biodiversidad original de las regiones cafeteras. Su

conservación, protección y enriquecimiento se constituyen en una de las principales estrategias de conservación en zonas cafeteras. Además de ser los últimos refugios para la biodiversidad original, los remanentes o fragmentos de bosque generalmente están también asociados a la protección de nacimientos o de cuencas hidrográficas, contribuyen a la regulación hídrica y protegen contra la erosión en zonas pendientes y erodables. Además, albergan plantas que suministran el polen, semillas o plántulas que pueden servir para repoblar o recuperar otros bosques.

Consideraciones prácticas

Para asegurar la conservación de los remanentes de bosque es necesario diseñar programas para evitar la caza, tala y extracción de las especies arbóreas de importancia. En ocasiones es también necesario construir un cerramiento para evitar la entrada del ganado y otros animales domésticos, que con su pisoteo o ramoneo afectan la regeneración natural o realizar programas de enriquecimiento con especies vegetales que hayan sido eliminadas. Al formular y desarrollar programas de conservación de fragmentos o remanentes de bosque es conveniente considerar el tamaño y la forma. Fragmentos de mayor tamaño albergan un mayor número de especies; las formas circulares o redondeadas reducen los efectos negativos del exterior.



que el corredor o la conexión sea utilizada por un número mayor de especies, incluyendo aquellas de mayor tamaño y más especializadas en el bosque. El ancho de la conexión por supuesto también depende de las posibilidades que existan en las fincas que son cruzadas por el corredor. En ocasiones, sólo son posibles los corredores más estrechos o las cercas vivas. Pero estas también pueden suministrar conexión para especies de menores tamaños como los insectos, aves o incluso para los mamíferos arbóreos que evitan bajar al suelo en donde encuentran sus depredadores.

Corredores con diversas especies de árboles nativos tienen un mayor valor como conexiones que aquellos con pocas especies o especies exóticas, que son aquellas originarias del exterior.

Creación, protección y enriquecimiento de conexiones

La conectividad en un paisaje cafetero se puede obtener o enriquecer por medio de diferentes elementos del paisaje. **Las franjas de bosque o corredores biológicos, las cañadas arborizadas y las cercas vivas**, que son aquellas en las que se usan árboles vivos en vez de postes de madera o cemento, son tres ejemplos de elementos lineales que pueden conectar fragmentos de bosque entre sí, o conectar zonas boscosas en las partes altas con sectores o fincas cafeteras en las más bajas. A lo largo de esos elementos lineales las especies de bosques se pueden movilizar a través de una región cafetera.

La efectividad y valor de la conexión depende en gran parte del ancho de la franja, de su longitud y de su composición florística. Entre más ancho sea el corredor o la franja boscosa a lo largo de las cañadas o a los lados de las orillas de los cauces de ríos y quebradas, permitirá

Utilización de sistemas agroforestales: Cafetales con sombra

El sistema de café bajo sombra también es considerado una herramienta de conservación de la biodiversidad.



Los sombríos sirven como hábitat para algunas especies, suministran recursos alimenticios o de refugio para otras o también pueden aumentar la conectividad en una región. La cobertura arbórea del sombrío en regiones con alto grado de deforestación, adquiere especial importancia para la biodiversidad de bosques. Además, el sistema de café bajo sombra puede también tener un papel importante en zonas de amortiguación de parques nacionales o reservas naturales, ellos pueden mitigar los efectos negativos que del exterior afectan la biodiversidad en esas zonas de importancia biológica.

Consideraciones prácticas

Los sombríos por un lado se deben diseñar considerando las condiciones agroclimatológicas regionales, de manera que se utilicen distanciamientos entre los árboles que permitan el ingreso de luz solar al cultivo de café y lo protejan en los períodos de sequía. Por otro lado, los sombríos heterogéneos, en su composición y estructura, tienen una mayor contribución a la biodiversidad. Los sombríos además, aportan material orgánico al suelo y mejoran así la fertilidad, lo protegen contra la erosión, especialmente en zonas pendientes o de suelos erodables.

Restauración ecológica y viveros de propagación de especies nativas para la construcción de herramientas de manejo del paisaje



Como estrategias adicionales, la restauración ecológica, el establecimiento de **viveros y la propagación de especies de plantas nativas** también tienen un resultado efectivo en promover la conservación de la biodiversidad en una región.

La creación y mantenimiento de viveros facilita el suministro de material vegetal para utilizar en el enriquecimiento de bosques, la construcción de corredores y cercas vivas y el uso en sistemas agroforestales con café. La propagación de especies de árboles con fines productivos, ya sea por la madera o por los frutos u otros recursos que suministran, tiene efectos económicos potenciales. Sin embargo, es aun más útil y benéfico desde el punto de vista de la conservación, producir especies silvestres nativas de la región, debido a que con éstas se logran los mejores efectos sobre la fauna y la biodiversidad.

Prácticas que favorecen la conservación de los recursos naturales en zonas cafeteras

La conservación de los recursos naturales abióticos de la zona cafetera como el agua, el suelo y el aire, es fundamental para mantener la productividad agropecuaria en la ecorregión y la conservación y el desarrollo de los recursos bióticos (seres vivos).

Son muchas las tecnologías y prácticas desarrolladas por Cenicafé y otras instituciones que promueven la sostenibilidad ambiental en la caficultura. Su aplicación en las fincas cafeteras también contribuye a conservar la biodiversidad, además de asegurar el mantenimiento de condiciones ambientales necesarias para la producción agrícola y de un ambiente sano para la vida humana.





Con el fin proteger y conservar los recursos naturales de la zona cafetera colombiana y con base en los resultados de una investigación permanente, Cenicafé recomienda el manejo racional e integrado de los recursos naturales, de acuerdo con las condiciones del entorno y con su aptitud de uso, con el fin de prevenir los problemas de degradación como la erosión hídrica, los movimientos en masa y la contaminación de aguas, contribuyendo así con la conservación de los suelos, aguas y biodiversidad.

Las prácticas de conservación, especialmente en las zonas de ladera, donde se encuentra establecida la caficultura, buscan sostener los niveles de la capacidad de producción del suelo y conservar su fertilidad natural a través del tiempo, con lo que se evita incrementar el uso de fertilizantes químicos y su lixiviación, que es causante de la presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos en los cuerpos de agua.

La conservación de los suelos y las aguas en las áreas cafeteras requiere de la implementación de ciertas restricciones en el uso y el manejo de los cultivos y la adopción de prácticas preventivas y de control de la degradación de los suelos, las cuales se deben aplicar no sólo en los cultivos de café, sino en cualquier sistema de producción agrícola, e incluyen la selección y localización apropiada de los cultivos, el establecimiento de coberturas en los suelos, la construcción de trinchos vivos para la canalización de las aguas de escorrentía, el mantenimiento de las bocatomas, el manejo integrado de arvenses y los tratamientos de bioingeniería.

A continuación se describen las prácticas más importantes para la conservación de los recursos naturales en la zona cafetera.

Manejo integrado del suelo

En la zona cafetera colombiana se recomienda el manejo integrado de arvenses (MIA), como una práctica de

conservación de suelos y aguas, y como una opción para el manejo de las mismas. El manejo de arvenses es una práctica clave para la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de café. El primer paso para iniciar un programa de manejo integrado de arvenses, con miras a dar un uso sostenible de los recursos naturales (Suelo, agua y biodiversidad), es el reconocimiento de la flora asociada al cultivo. Dentro de la vegetación silvestre o nativa se considera arvense a aquella planta que en un momento dado puede interferir por alelopatía o competir por agua, nutrientes, CO₂, oxígeno, luz y espacio con un cultivo, afectando económicamente el sistema productivo.

Gómez y Rivera (1995) identificaron más de 170 especies de arvenses de ocurrencia frecuente en plantaciones de café, encontrando que todas ellas prestan algún tipo de beneficio al hombre, donde el 45% interfiere en grado alto al cafeto, el 35% en grado medio, el 5% en grado bajo y el 15% (más de 25 especies) en grado muy bajo (coberturas nobles).

Consideraciones prácticas

El MIA, recomendado por Cenicafé, consiste en la aplicación combinada de diferentes métodos de control, en forma conveniente y oportuna, con el fin de disminuir las poblaciones de arvenses agresivas y favorecer el establecimiento de coberturas vivas de baja interferencia y de más fácil manejo. Este sistema contempla los siguientes aspectos: Control manual de aquellas especies que son de difícil manejo por métodos mecánicos o químicos, control mecánico por medio de herramientas como el machete o la guadaña, esta práctica se realiza en las calles del cultivo, sin desnudar el suelo, y control químico selectivo de las arvenses agresivas, con el equipo selector de arvenses; también se incluye el uso de coberturas muertas como un método de control físico de arvenses y de protección del suelo.

Cenicafé mantiene la investigación en los métodos de bioingeniería para la protección y recuperación de los drenajes naturales, así como para el manejo de las aguas de escorrentía y para el control de los deslizamientos o movimientos en masa. La bioingeniería del suelo, se refiere al uso de la vegetación como un medio para la prevención y control de la erosión y movimientos masales.

Investigaciones realizadas en Cenicafé sobre bioingeniería del suelo, han encontrado que ésta es una opción viable para la prevención y control de estos problemas, debido

a sus bajos costos, y a la eficiencia e impacto ambiental positivo (Rivera, 1999). Para el manejo y estabilización de los cauces en drenajes naturales o cárcavas se recomienda la construcción de trinchos vivos, los cuales permiten reducir la velocidad del agua de escorrentía y, por lo tanto, evitar el socavamiento en el fondo y los taludes del cauce (Rivera, 1999, 2002).

Así mismo cuando se hace un corte en las laderas para la construcción de canales, caminos, carreteras o edificaciones, quedan conformados dos taludes, uno en la parte superior y otro en la inferior, estos cortes ocasionan un desequilibrio hidrológico y de estabilidad de la ladera, por lo que es necesario dar un manejo para mitigar este impacto. Para ello, se recomienda cubrir el talud con coberturas vegetales densas, para evitar el impacto erosivo de las gotas de lluvia, además de favorecer el avance de las aguas de escorrentía sobre las coberturas sin que se produzca desprendimiento y arrastre de sedimentos (Rivera, 2001).

Manejo integrado del agua

En la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico 2010, se estableció la necesidad de abordar el manejo del agua como “una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral, que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales” con el fin de garantizar la sostenibilidad del recurso.



La Gestión Integrada del Recurso Hídrico en la caficultura Colombiana hace referencia a la conservación y uso racional del preciado líquido en la zona cafetera, y comprende el manejo del agua superficial y subterránea, involucrando aspectos cuantitativos, cualitativos y ecológicos e incorporando prácticas sostenibles para el uso y aprovechamiento eficiente del agua y la prevención y el control de la contaminación hídrica, además del manejo de los riesgos asociados al agua mediante un manejo integrado de plagas y del suelo, con la minimización de la contaminación hídrica por efecto de agroquímicos y pesticidas, y la pérdida de fertilidad del suelo por acción de las lluvias.

Con el fin de evitar el impacto ambiental negativo de las aguas residuales del café sobre los recursos naturales del ecosistema cafetero, se recomienda el manejo integrado del agua en el proceso de beneficio húmedo del café, el cual comprende el despulpado sin agua, el transporte de la pulpa por gravedad a fosas techadas, la racionalización del agua en la etapa de lavado del grano y el tratamiento y postratamiento de las aguas residuales generadas.

- El separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín, utilizado para realizar la clasificación del fruto y mejorar la calidad de la semilla, permite disminuir el consumo de agua en la etapa de clasificación de 4,7 L (consumo del tradicional tanque sifón) a sólo 0,3 L.kg⁻¹ de c.p.s.
- Para la racionalización del consumo de agua en el proceso de eliminación del mucílago se puede emplear el tanque tina y la técnica de lavado de los cuatro enjuagues, que permite disminuir el consumo del recurso a menos de 5 L.kg⁻¹ de c.p.s.; el desmucilaginado mecánico con la tecnología Becolsub que permite disminuir el consumo de agua a menos de 1 L.kg⁻¹ de c.p.s. o la utilización del ECOMILL® (Lavador mecánico) que permite disminuir el consumo de agua a menos de 0,5 L.kg⁻¹ de c.p.s.
- Para el tratamiento de las aguas residuales que se generan en la etapa de lavado, durante el proceso de beneficio del fruto de café, denominadas “aguas mieles”, Cenicafe desarrolló sistemas de tratamiento anaeróbico, modulares, económicos y eficientes, que no precisan la adición de neutralizantes y que permiten eliminar cerca del 90% de la contaminación orgánica que ingresa a los mismos.

Los humedales artificiales utilizando plantas nativas como el buchón de agua, la lechuga de agua y la enea, permiten disminuir las concentraciones de contaminación orgánica presente en las aguas residuales del café tratadas, de forma que se minimiza el impacto ambiental sobre los recursos agua y suelo de la zona cafetera, además la biomasa de las plantas se puede utilizar para la producción de abonos orgánicos.

Manejo integrado de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas y enfermedades del café es un método ecológicamente orientado, que utiliza técnicas de control cultural, biológico y químico, combinadas armónicamente y considerando los niveles económicos de daño, para establecer el momento oportuno para realizar el control. Este modelo ha permitido minimizar la aplicación de agroquímicos y, por consiguiente, su presencia en los recursos suelo, aire y agua y minimizar su impacto sobre la biodiversidad, dado que el uso de agroquímicos sólo se lleva a cabo cuando los niveles de infestación lo justifican, y además se hace de forma localizada, en el tiempo apropiado de ataque de la enfermedad o plaga y con la tecnología de aspersión recomendada.

Consideraciones prácticas

Las plagas del café pueden mantenerse en niveles por debajo de los umbrales de daño económico, si se seleccionan cuidadosamente diferentes estrategias de control dentro de un programa de manejo integrado, el cual incluya el continuo monitoreo de poblaciones en el campo, manteniendo un adecuado manejo de luz dentro de la plantación, zoqueando las plantaciones, cosechando oportunamente, evitando la dispersión de la plaga durante la recolección y el beneficio del café, conservando y aumentando los enemigos naturales nativos, introduciendo agentes biológicos de control, asperjando insecticidas biológicos y usando como estrategia última insecticidas químicos de baja toxicidad, de manera localizada en el cultivo y únicamente en el momento de detectar los vuelos del insecto dentro de la plantación.

La obtención de progenies resistentes a la roya del cafeto, con probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café y adaptadas a la oferta climática de la región (Variedades Castillo® Regionales) y su adopción por parte de los productores, tiene un impacto positivo sobre el recurso hídrico, al no necesitar agroquímicos para el control de la enfermedad, productos cuyo ingrediente activo podría lixiviarse con las lluvias y llegar a los cuerpos de agua.

Las variedades resistentes han sido una solución económica y amigable con el ambiente, que durante los últimos 30 años y en más de 300.000 ha, Cenicafé ha ofrecido y continúa ofreciendo a los cafeteros Colombianos contra la roya del cafeto.

Reforestación con especies nativas

La deforestación evitada en la zona cafetera permite reducir la emisión de gases con efecto invernadero, causantes del cambio climático y conservar la calidad del aire en el ecosistema cafetero.

En la zona cafetera la utilización de los tallos de café provenientes del proceso de zoqueo, como combustible directo para los procesos de cocción de alimentos y secado mecánico del café, contribuyen a la protección del bosque virgen.

En los últimos 15 años, la Federación Nacional de Cafeteros ha concentrado parte de sus actividades forestales dentro de un convenio bilateral entre los gobiernos de Alemania y Colombia, con el propósito de contribuir la estabilización del balance hídrico y la reducción de la erosión en microcuencas prioritarias de la cuenca media y alta del río Magdalena, a través de un incremento del uso forestal sostenible y la protección de ecosistemas boscosos.

La Federación Nacional de Cafeteros y su Programa Forestal Río Magdalena - KFW, con 40.389 ha (18% del área reforestada en el país), es la segunda empresa con mayor área plantada y la primera con superficie más grande en especies nativas 14.123 ha. Igualmente, se ha logrado la selección y conservación mediante incentivos, de 12.718 hectáreas de relictos de bosques naturales primarios o secundarios, dependiendo de su importancia hídrica y florística, por estar asociados con sistemas abastecedores de acueductos veredales y municipales. Mediante el enriquecimiento florístico de bosques degradados, se han incentivado e intervenido 4.109 hectáreas, incorporando especies forestales nativas (Figura 3), que tengan certeza de desarrollo, por las condiciones particulares del sitio. El enriquecimiento florístico se logra sembrando 120 árboles por hectárea de especies nativas.

Con el fin adicional de contribuir a mantener la biodiversidad genética de los ecosistemas forestales andinos Colombianos, desde 1996 se desarrolla la investigación “Conservación de recursos genéticos forestales en la región andina Colombiana”, la cual tiene dentro de sus objetivos el establecimiento de bancos de conservación ex situ, de las especies de mayor importancia y riesgo de desaparición dentro de los bosques de la zona cafetera.

En total, se han identificado 43 especies para conservación ex situ, las cuales están siendo evaluadas en siete bancos de conservación establecidos por Cenicafé (Tabla 3), con un área experimental de 18,7 ha, distribuidas así: 9,9 ha en zona cafetera y 8,8 ha en zona alta (Por encima de 1.800 m). De éstas, alrededor de 18 especies han sido declaradas por el Instituto Alexander von Humboldt y el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, en riesgo, en peligro o vulnerables. Los bancos de germoplasma (Tabla 4), además de la conservación de especies con esta categoría de riesgo, han permitido conservar, evaluar y determinar el manejo silvicultural más adecuado para 16 especies, en temas relacionados con vivero, establecimiento de plantaciones, manejo silvicultural (Entresacas, raleos y podas), turnos de aprovechamiento e identificación y manejo de problemas fitosanitarios de importancia económica, tendientes a la obtención de mejores rendimientos de madera por fuera de su hábitat o plantación comercial.



Figura 3.

Detalle de algunas especies nativas asociadas a café en Venecia (Antioquia). **a.** Jagua (*Genipa americana*); **b** y **c.** Molinillo (*Magnolia hernandezii*); **d.** Cedro amarillo (*Pseudsamanea guachapele*); **e.** Chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*); **f.** Ceiba tolúa (*Pachira quinata*).

La selección de estas especies ha permitido definir aquellas potenciales a ser incluidas en programas de certificación de café como *Rainforest*, *Utz Certified* o *Nespresso*. Además, permitirá conservar por lo menos 20 especies bajo esta categoría de amenaza.

Al recuperar y conservar especies forestales nativas en riesgo o vulnerables, y que además, algunas de ellas se destaquen por su buena adaptación y desarrollo, pudiendo presentar crecimientos en volumen ($m^3/\text{árbol}$) cercanos a los presentados por las especies denominadas

introducidas como lo son los pinos y cipreses, en las que además se conozca su manejo silvicultural y que su uso comercial en algún momento pueda ser complementario al de las especies introducidas, se abre el abanico de opciones para los caficultores, que tengan la alternativa, de acuerdo a su sistema de producción, de introducir especies como protección de cuencas y fuentes de agua, alimento para avifauna y pequeños mamíferos, o madera comercial, como consumo nacional o en un mercado internacional que exige que sus productos de exportación relacionados con la madera provengan de plantaciones comerciales.

Departamento	Municipio	Finca	Altitud (m)	Área (ha)	Edad (años)	Especies destacables
Caldas	Chinchiná	Estación Central Naranjal	1.400	1,2	10,5	<i>Cedrela odorata</i> <i>Prunus integrifolia</i> <i>Vitex cymosa</i> <i>Tabebuia rosea</i>
Risaralda	Belén de Umbría	La Cascada	1.736	2,5	11,5	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia donell-smithii</i> <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> <i>Guarea guidonia</i>
Tolima	Líbano	Isidro Parra	1.590	1,8	10,5	<i>Cordia gerascanthus</i> <i>Schizolobium parahyba</i> <i>Jacaranda copaia</i>
Antioquia	Venecia	Estación Experimental El Rosario	1.420	1,4	4,5	<i>Courupita darienensis</i> <i>Centrolobium paraense</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Garcinia madrunno.</i>

Tabla 3.

Bancos de conservación de árboles ex situ establecidos por Cenicafé.

Especie	Edad de medición (años)	Crecimiento medio anual (CMA)		Altitud (m)
		Diámetro (cm.año ⁻¹)	Altura (m.año ⁻¹)	
Chaquiro (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>)	11,7	1,54	0,76	2.150
	11,0	1,6	0,84	2.000
	10,2	1,56	0,8	1.750
Trapiche (<i>Prunus integrifolia</i>)	9,1	1,06	0,77	2.150
	10,3	1,02	1,01	1.750
Aliso (<i>Alnus acuminata</i> spp <i>acuminata</i>)	10,9	1,32	1,17	2.150
Mondey (<i>Gordonia humboldtii</i>)	11,3	1,05	0,87	2.150
	11,0	1,47	1,28	2.000
Roble (<i>Quercus humboldtii</i>)	11,3	0,84	0,75	2.150
Cedro negro (<i>Juglans neotropica</i>)	11,0	1,12	1,07	2.000
Tambor (<i>Schizolobium parahyba</i>)	11,4	2,15	1,41	1.750
	10,7	1,13	0,89	1.750
Aceituno (<i>Vitex cooperii</i>)	11,7	0,83	0,51	1.750
	10,7	1,25	0,88	1.400

Tabla 4.

Especies de árboles nativos de mejor desarrollo dentro de los bancos de germoplasma de Cenicafé.

Recomendaciones prácticas

Con el fin de proteger y conservar la biodiversidad y los recursos naturales de su finca, le recomendamos las siguientes prácticas:

- Seleccione y localice apropiadamente los cultivos, teniendo en cuenta los requerimientos ecológicos y considerando las relaciones entre el suelo, el clima, la planta y el hombre.
- Establezca coberturas en los suelos mediante el manejo integrado de arvenses.
- Proteja con vegetación los drenajes naturales de la finca.
- Realice un manejo de aguas en la finca para evitar los deslizamientos.
- Realice un manejo integrado del agua en el proceso de beneficio. Para ello despulpe y transporte la pulpa sin agua hasta la fosa techada, racionalice el consumo de agua en el lavado del grano e implemente sistemas de tratamiento para las aguas residuales.
- Adopte el manejo integrado de plagas y enfermedades.
- Siembre variedades de café resistentes a la roya del cafeto.
- Reforeste las microcuencas de la finca con especies forestales nativas.
- Proteja los remanentes de vegetación natural y promueva la conectividad a través de la construcción de diferentes herramientas de manejo del paisaje.

Literatura citada

- AGUIRRE A., N. Estructura poblacional y diversidad genética del Roble negro (*Colombobalanus excelsa*) en cuatro remanentes de bosque intervenido en la zona cafetera del suroriente del Huila-Colombia. Manizales : Universidad de Caldas. Departamento de Ciencias Biológicas, 2009. 52 p. Tesis: Biólogo.
- AGUIRRE A., N.; BOTERO E., J.E. Estructura poblacional y diversidad genética del Roble negro en zona cafetera del suroriente del Huila-Colombia. p. 53. En: BACA-G., A.E.; GONZÁLEZ-I., M.S.; PATIÑO-CH., A.L. Libro resúmenes V Congreso Colombiano de Botánica. Pasto : Nariño. EDINAR, 2009. 258 p.
- ALZATE B., L.E. Comparación de las comunidades de anuros en cafetales tradicionales y bosques naturales de San Vicente de Chucurí, Santander, Colombia. Medellín : Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2007. 34 p. Tesis: Biólogo.
- BAKER, P. S.; LENTIJO J., G.M. La biodiversidad conceptos básicos y datos: Café y medio ambiente, guía para la caficultura sostenible un trabajo articulado con los caficultores, extensionistas y la comunidad. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 312 p.
- BOTERO E., J.E.; LENTIJO J., G.M.; ORREGO S., O.A. Biodiversidad. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 4 p. (Biocarta No. 1).
- BOTERO E., J.E.; PARRA A., C. Los bosques de Roble negro del Huila. Chinchiná: CENICAFÉ, 2012. 4 p. (Biocarta No. 16).
- BRAVO V., L. Caracterización de las comunidades de anuros en diferentes elementos del paisaje cafetero en Támesis, Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2007. 30p. Tesis: Biólogo.
- BUSTILLO P., A.E; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.A; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F.J. Manejo integrado de la broca del café *Hipotenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 1998. 134 p.
- CADENA G., G. Desarrollos científicos de Cenicafe en la última década. Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. 29(110):89-99. 2005.
- CASTAÑO S., J.H.; BOTERO E., J.E Murciélagos de la zona cafetera colombiana. Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 8 p. (Avances Técnicos No. 328).
- CASTAÑO S., J.H.; BOTERO E., J.E; VELÁSQUEZ F., S.; CORRALES, J.D. Murciélagos en agroecosistemas cafeteros de Colombia. *Chiroptera Neotropical* 10(1/2):196-199. 2004.
- CASTILLO Z., J.; MORENO R., G. La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Bogotá : Editolaser, 1988. 171 p.
- CENICAFÉ. Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana: Documento presentado para el premio Planeta azul 2010-2011. Chinchiná : CENICAFÉ, 2011. 90 p.
- ESPINOSA, R.; BOTERO, J.E.; LÓPEZ, A.M.; CASAS, C.; FRANCO, N.G.; LENTIJO, G.M. Una alianza por la conservación de las aves migratorias en zonas cafeteras de Colombia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 6 p. (Biocarta No. 15).
- FERRARO P., J.; PATTANAYAK S., K. Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PLoS Biology* 4(4):e105. 2006.
- FEDERACAFÉ. Censo cafetero. Bogotá : FEDERACAFÉ, 1970. 49 p.
- FEDERACAFÉ. Atlas cafetero de Colombia. Bogotá : FEDERACAFÉ, 1976. 187 p.
- FEDERACAFÉ. Censo cafetero 1980-81. Bogotá : FEDERACAFÉ, 1983. 148 p.
- GARCÍA, R.; ZABALA, G.; BOTERO, J.E. Hormigas cazadoras (*Formicidae*: grupos *Poneroide* y *Ectatomminoide*) en paisajes cafeteros de Colombia. p. 461-478. En: JIMÉNEZ E., F.; FERNÁNDEZ, T.M. ARIAS; LOZANO Z., F.H. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Bogotá, D.C. Colombia : Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007. 609 p.
- GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. Enfermedades del cafeto en Colombia. Medellín : Especial impresores, 2003. 224 p.
- GÓMEZ, J.P. Evaluación del papel de las certificaciones ambientales al café en la conservación de la biodiversidad: Un enfoque a las comunidades de aves. Bogotá: Universidad de los Andes. Departamento de Ciencias Biológicas, 2006. 77 p. Tesis: Biólogo.
- GÓMEZ A., A.; RIVERA P., J.H. Descripción de arvenses en plantaciones de café. 2da. ed. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 490 p.

- GONSALVES, J.; BECKER, T.; BRAUN, A.; CAMPILAN, D.; DE CHAVEZ, H.; FAJBER, E.; KAPIRIRI, M.; RIVACA C., J.; VERNOOY, R. *Participatory research and development for sustainable agriculture and natural resource management a sourcebook: Understanding participatory research and development*. Ottawa : International potato center-users' perspectives with agricultural research and development, 2005. 272 p.
- GUHL, A. *Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997*. *Cenicafé* 55(1):29-44. 2004.
- HILTY, S.L.; BROWN, W.L. *A guide to the birds of Colombia*. Princeton, New Jersey: University Press, 1986. 836 p.
- KOMAR, O. *Priority contribution ecology and conservation of birds in coffee plantations: A critical review*. *Bird Conservation International* 16(1):1-23. 2006.
- LENTIJO, G.M.; ARBELÁEZ, D.; CASTELLANOS, O.; FRANCO, N.G.; LÓPEZ, A.M.; BOTERO, J.E. *Enfoques participativos en investigación como una herramienta de conservación de las aves en zonas cafeteras de Colombia*. *Ornitología Neotropical* 19(Suppl.):567-574. 2008.
- LENTIJO J., G.M.; GÓMEZ P., C.R; BOTERO E., J.E. *Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera*. *Chinchiná : CENICAFÉ, 2013. 6 p. (Biocarta No. 17)*.
- LENTIJO, G.M.; HOSTETLER, M.E. *Effects of a participatory bird census project on knowledge, attitudes and behaviors of coffee farmers in Colombia*. *Environmental, Development and Sustainability* 15(1):199-223. 2012.
- MATUK V., V.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. *El impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café*. *Cenicafé* 48(4):234-252. 1997.
- ORREGO S, O. A. *Briófitos de Caldas: La reserva de Planalto*. *Boletín del Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 9:31-50. 2005.
- ORREGO S, O.A; CASTAÑO S., J.H.; LÓPEZ L., A.M. *Efecto de la fragmentación de los bosques en la zona cafetera sobre la diversidad genética de poblaciones de flora y fauna silvestre, informe técnico primera etapa, Agosto 2004*. *Chinchiná : CENICAFÉ, 2004. 173 p.*
- ORREGO S, O.A; BOTERO E., J.E.; VERHELST M., J.C.; PFEIFER V., A.M.; LÓPEZ, J.A.; FRANCO, V.M.; VÉLEZ A., J.G. *Plantas vasculares del municipio de Manzales, Caldas, Colombia*. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 8:61-106. 2004.
- ORREGO S, O.A; URIBE M., J. *Hepáticas (Marchantiophyta) del departamento del Quindío, Colombia*. *Biota Colombiana* 5(2):209-216. 2004.
- PAIBA, J.E. *Comunidad de aves en tres robledales del Huila*. *Manzales : Universidad de Caldas. Departamento de Ciencias Biológicas, 2009. 74 p. Tesis: Biólogo.*
- REPÚBLICA DE COLOMBIA. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Bogotá : El Ministerio, 2012. 133 p.
- RIVERA P., J.H. *Control de derrumbes y negativos en carreteras mediante tratamientos de tipo biológico*. *Chinchiná : CENICAFE, 1999. 8 p. (Avances Técnicos No. 264)*.
- RIVERA P., J.H. *Manejo y estabilización de taludes en zonas de ladera mediante tratamientos de bioingeniería*. *Chinchiná : CENICAFE, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 291)*.
- RIVERA P., J.H. *Construcción de trinchos vivos para la conducción de aguas de escorrentía en zonas tropicales de ladera*. *Chinchiná : CENICAFE, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 296)*.
- ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ÁLVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. *Beneficio ecológico del Café*. *Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 273 p.*
- RODRÍGUEZ V., N.; JARAMILLO L., C. *Cultivo de hongos comestibles del género Pleurotus sobre residuos agrícolas de la zona cafetera*. *Chinchiná : CENICAFE, 2004. 56 p. (Boletín Técnico No. 27)*.
- RUEDA A., J.V.; LYNCH, J.D.; AMÉZQUITA, A. *Libro rojo de los anfibios de Colombia*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia : Ministerio de Medio Ambiente, 2004. 384 p.
- SALAZAR, J.N. *La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café*. *Chinchiná : CENICAFE, 1992. 2p. (Avances Técnicos No. 178)*.
- SÁNCHEZ C., L.M.; BOTERO E., J.; VÉLEZ A., J.G. *Estructura, diversidad y potencial para conservación de los sombríos en cafetales de tres localidades de Colombia*. *Cenicafé* 58(4):304-323. 2007.

- SÁNCHEZ C., L.M.; DURÁN, S.M.; VÉLEZ A, J.G.; GARCÍA C., R.; BOTERO E., J.E. Estudios regionales de biodiversidad en las zonas cafeteras de Colombia. Chinchiná : CENICAFE, 2008a. 8 p. (Avances Técnicos No. 378).
- SÁNCHEZ C., L.M.; VÉLEZ A., J.G.; DURÁN M, S.M.; GARCÍA C., R.; BOTERO E., J.E. Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Santander. Chinchiná : CENICAFE, 2008b. 68 p. (Boletín Técnico No. 31).
- SÁNCHEZ C., L.M.; VÉLEZ A., J.G.; DURÁN M., S.M.; GARCÍA C., R.; BOTERO E., J.E. Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de El Cairo, Valle del Cauca. Chinchiná: CENICAFE, 2009. 64 p. (Boletín Técnico No. 34).
- SÁNCHEZ C., L.M.; VÉLEZ A., J.G.; DURÁN M., S.M.; GARCÍA C., R.; BOTERO E., J.E. Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Támesis, Antioquia. Chinchiná : CENICAFÉ, 2010. 73 p. (Boletín Técnico No. 35).
- SUÁREZ DE C., F.; RODRÍGUEZ, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Bogotá : FNC, 1962. 473 p.
- URIBE, A.; SALAZAR, J.N. Influencia de la pulpa del café en la producción del cafeto. Cenicafé 34(2):44-58. 1983.
- VALENCIA M., C.; GIL, Z.N.; CONSTANTINO, L.M. Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana: Guía de campo. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 244 p.
- ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U.; OROZCO, P.A.; ZAMBRANO G., A.J. Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 2006. 28 p. (Boletín Técnico No. 29).



Otros retos
de la caficultura

Producción de semilla de café Variedad Castillo® y sus compuestos regionales

Carlos Gonzalo Mejía M.; Húver E. Posada S.; Juan Carlos García L.;
María Cristina Chaparro C.; José Raúl Rendón S.; Jhon Félix Trejos P.;
Diego Fabián Montoya; Hernán Darío Menza F.; Pedro María Sánchez A.;
José Enrique Baute B.; Jorge Camilo Torres N.; Carlos Mario Ospina P.

La calidad de la semilla de café tiene alta y directa influencia en el éxito del cultivo, ya que en gran parte garantiza la productividad y la sanidad fitosanitaria. Es por eso que al momento de la siembra se deben tener en cuenta factores como viabilidad, sanidad, identidad y vigor, además de otros factores asociados a un correcto manejo agronómico del cultivo como la siembra en un arreglo espacial adecuado, el establecimiento o regulación del sombrero en zonas que lo requieran, el reconocimiento de las condiciones para adaptabilidad a cada uno de los Ecotopos Cafeteros, así como la fertilización soportada en análisis de suelos.

La Federación Nacional de Cafeteros a través de Cenicafe, ha venido fomentando opciones tecnológicas con el fin de ofrecer soporte a los caficultores en semillas de variedades mejoradas de café, con alta productividad y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas del país. Fruto de muchos años de investigación y validación de tecnología se desarrolló una metodología para la producción de semillas mejoradas, con los parámetros de calidad y trazabilidad, los cuales son objeto de análisis en este capítulo.



Generalidades

La Federación Nacional de Cafeteros desarrolla diferentes acciones en procura de la sostenibilidad de la caficultura colombiana, una de ellas está enmarcada en un objetivo de gran importancia: **Recuperar, Estabilizar y Aumentar** la producción. Para tal fin, se han establecido diversos frentes de trabajo, con el objetivo de incrementar la productividad del cultivo, mediante la renovación oportuna de cafetales con un nivel adecuado de tecnificación y de productividad, que permita a los cafeteros aumentar sus ingresos. Actualmente, para realizar la renovación se han estructurado diferentes programas, que ha beneficiado a un número importante de caficultores en el país, dentro de los que se destacan:

- **Permanencia, Sostenibilidad y Futuro (PSF):** Este programa pretende beneficiar a 300.000 familias como resultado de la tecnificación de sus pequeñas parcelas, orientado a apoyar la renovación de cafetales envejecidos y tradicionales con la utilización exclusiva de variedades resistentes a la roya, desarrolladas por Cenicafé.
- **Programa de competitividad:** Orientado a mantener la caficultura tecnificada en edad óptima de producción.
- **Plan de choque contra la roya:** Diseñado para contrarrestar, con rapidez, los efectos negativos de la epidemia. Contó con recursos durante el 2011, para entregar fungicidas a los propietarios de 62.207 hectáreas de cafetales tecnificados, con edades entre 2 y 8 años, y beneficiar con colinos de café de variedades resistentes e insumos para renovar, a caficultores dueños de 27.406 hectáreas de cafetales envejecidos.
- **Campaña “Colombia sin roya, un propósito nacional”:** Como complemento de los programas, desde 2011, se ha desarrollado una estrategia educativa, con el objetivo de sensibilizar y motivar a los caficultores en la práctica de medidas para el manejo de la roya y la renovación con variedades resistentes.
- **Plan de Emergencia para la Ola Invernal:** Este programa se puso en marcha con el apoyo de la Fundación Colombia Humanitaria, ante las devastadoras consecuencias de la Ola Invernal 2010 – 2011, que afectó al país. Se beneficiaron más de 113.450 caficultores, quienes han recibido fungicidas para la roya, en un área de más de 116.000 hectáreas. Para contribuir a recuperar la productividad, se está entregando fertilizante para ayudar a 220.000 productores afectados.

Estas iniciativas, complementadas con otras que están en ejecución (Fertifuturo – FertiYa), han impactado positivamente la estructura de la caficultura, logrando mantener en aumento, año tras año, el área renovada de cafetales en el país. En 2007 se renovaron 66.000 hectáreas, y en 2011 y 2012 se superó la barrera de las 117.000 hectáreas. Hasta abril de 2013, el 56%

del parque productor, se encuentra con variedades resistentes, lo que es un aporte importante a la meta trazada a 2020, cuando se espera que más del 90% del área sembrada en el país, cuente con cafetales preparados para afrontar el cambio climático, con el establecimiento de estas variedades.



En este proceso la semilla es un insumo fundamental en el sistema de producción de café, para lo cual en Cenicafé, la Disciplina de Mejoramiento Genético, ha trabajado intensamente por más de 25 años en el desarrollo de variedades mejoradas.

La producción de semilla de café en Colombia ha estado bajo la responsabilidad de Cenicafé desde el año de 1982, cuando la FNC vio la necesidad de renovar el parque productivo de Colombia con variedades resistentes, en este caso con la variedad Colombia, con la cual culminaba su período de investigación, por más de 20 años, y se inició el proceso de liberación para la siembra en el campo por parte de los caficultores colombianos. Es así, como en las Estaciones Experimentales de Cenicafé se establecieron los parques para su propagación y posterior distribución a los Comités de Cafeteros Departamentales y Municipales, quienes hasta hoy día son los encargados de la venta final al caficultor.

Las primeras siembras de semilla mejorada se hicieron en la Estación Maracay en Quimbaya (Quindío), en el año de 1980, y en el año de 1982 se extendieron a las Estaciones Experimentales El Rosario en Venecia (Antioquia) y La Trinidad en Líbano (Tolima). En las primeras siembras en Maracay, las progenies se establecieron en bloques individuales, denominados parcelones, donde además se diferenciaban las progenies con fruto color rojo y color amarillo, lo que permitía ofrecer dos tipos de semilla. La recolección y el secado se realizaban de manera independiente y las bolsas de semilla contenían de manera proporcional cada progenie. En el año de 1996, para la semilla de fruto rojo, la mezcla la constituían 42 progenies y para fruto amarillo 22 progenies. Entre 1995 y 1996 se establecieron 33 progenies nuevas de fruto rojo, las cuales entraron en la composición de semilla entre 1997 y 1998, para un total de 75 progenies en la variedad Colombia fruto rojo. Finalmente, en el año 2001 se eliminaron las progenies de fruto amarillo, debido a problemas en su recolección y calidad en taza.

Entre los años 1999 y 2001 se establecieron lotes de producción de semilla en las Estaciones Experimentales Naranjal, El Rosario, Líbano y San Antonio, con cada una de las 35 progenies de la Variedad Castillo®, las cuales dieron la posibilidad de estructurar el plan de fomento en el año 2005. Con el lanzamiento de las Variedades Castillo® Regionales, las Estaciones Experimentales de Pueblo Bello y La Catalina se incorporaron como productoras de semilla. Recientemente, con los planes institucionales de renovación de variedades susceptibles, ha sido habilitada la producción de semilla en fincas de caficultores.

Hasta el año 2012 se distribuyeron alrededor de 1,7 millones de kilogramos de semilla de variedades resistentes, entre ellas las variedades Colombia, Castillo®, Castillo® Regionales y Tabi.

Como resultado, en la actualidad, los cafeteros cuentan con diferentes materiales, dentro de los que se destacan la Variedad Castillo® y sus Componentes Regionales y la variedad Tabi, cuyas principales características son:

- Adaptación a las condiciones de la caficultura colombiana.
- Semilla con porcentaje de germinación superior al 90%, bajo condiciones adecuadas y controladas.
- Adecuados niveles de productividad.
- Producción de granos de mayor tamaño.
- Excelente calidad de taza.
- Resistencia a la roya y tolerancia a la enfermedad de las cerezas del cafeto (CBD).



Estos materiales son:

- Variedad Castillo® Naranjal, para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.
- Variedad Castillo® El Rosario, para los departamentos de Antioquia, Caldas y Risaralda.
- Variedad Castillo® Paraguaicito, para los departamentos de Quindío y Valle del Cauca.
- Variedad Castillo® La Trinidad, para el departamento del Tolima.
- Variedad Castillo® Pueblo Bello, para los departamentos del norte del país, Magdalena, Cesar, La Guajira y Norte de Santander.
- Variedad Castillo® Santa Bárbara, para los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.
- Variedad Castillo® El Tambo, para los departamentos de Cauca, Nariño, Huila, Tolima y Valle del Cauca.

Estrategia de producción de la semilla

La producción de la semilla en general y de los compuestos regionales ha estado bajo la responsabilidad de la disciplina de Experimentación de Cenicafé, en las Estaciones Experimentales, y regionalmente en algunas Granjas de los Comités Departamentales de Cafeteros.

Sin embargo, dado el incremento de la demanda de semilla, desde el año 2010, la Gerencia Técnica de la FNC estableció como estrategia alternativa “que el faltante de semilla se cubriera con material proveniente de fincas de caficultores de diferentes regiones del país”.

Para consolidar esta estrategia se definió el siguiente esquema de trabajo, con dos frentes de acción: Componente normativo y componente productivo.

Además de la Variedad Castillo® general, se han desarrollado materiales denominados Compuestos Regionales, que cuentan con las características descritas anteriormente y que tienen una ventaja adicional, como es la adaptación a las condiciones agroecológicas particulares de las diferentes regiones cafeteras identificadas en el país.

Componente normativo

En 2010, conjuntamente entre el Servicio de Extensión y Cenicafé se desarrolló un Protocolo para la Producción de Semilla. Este Protocolo se presentó para el aval del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA (Chaparro *et al.*, 2012).

Durante 2011, en Cenicafé se desarrollaron herramientas para facilitar el entendimiento y la aplicación del Protocolo, como mecanismos que permitieran garantizar el cumplimiento de los criterios que determinan la calidad de la semilla. Dentro de estas herramientas se encuentran:

- Procedimientos estandarizados para prueba de germinación en cajas plásticas, selección de semilla y aplicación del método Gravimet, para evaluar el secado de la semilla
- Registros para facilitar la trazabilidad de la producción
- Diseño de la **Guía para la implementación del Protocolo “Producción de semilla Variedad Castillo® y sus componentes regionales en fincas de caficultores”**

Componente productivo

Los Comités Departamentales de Cafeteros realizaron una primera selección de fincas potenciales para la producción y provisión de semilla. Cenicafé con un equipo interdisciplinario, conformado por las disciplinas de Sostenibilidad y Mejoramiento Genético, con el acompañamiento del Servicio de Extensión, realizaron visitas a cada una de las fincas para evaluar en los lotes seleccionados, la identidad, el origen y la sanidad de éstos, además de la evaluación de la aplicación de requisitos mínimos de Buenas Practicas Agrícolas en los diferentes procesos del sistema de producción. Con esta información, se realizó la selección de un número aproximado de 40 predios ubicados en diferentes departamentos, que actualmente tienen la autorización para producir semilla y distribuir a los Comités de Cafeteros.



Posteriormente, en el mes de septiembre de 2011, se realizó una jornada de capacitación en Cenicafé, dirigida a los caficultores propietarios de estos predios, que permitió unificar criterios técnicos relacionados con la producción de semilla. Esta jornada teórico-práctica, contó con la participación de investigadores de las diferentes disciplinas de investigación, quienes desarrollaron temas relacionados con el sistema de producción de semilla.



Durante el 2012, uno de los objetivos de la Gerencia Técnica, en conjunto con el Servicio de Extensión y Cenicafé, fue mantener un proceso de acompañamiento a los productores que asumieron la responsabilidad de producir semilla bajo los criterios que establece el Protocolo y contribuir a recuperar, estabilizar y aumentar la producción del café en Colombia, teniendo en cuenta entre otros aspectos, que en los próximos 5 años se pretende realizar la renovación de no menos de 100.000 hectáreas por año.

Protocolo para la producción de la semilla

La producción y distribución de la semilla Variedad Castillo® y sus componentes regionales, requiere del cumplimiento de diferentes requisitos por parte de cada uno de los actores que participan en este proceso, como son: Caficultores, investigadores y técnicos del Servicio de Extensión.

El Protocolo de producción de semilla tiene como objetivo general establecer los requisitos para la producción de semilla seleccionada de Variedad Castillo® y sus Compuestos Regionales en fincas de caficultores, y define aspectos relacionados con los requisitos de campo y de beneficio de la semilla, las responsabilidades de los Comités Departamentales de Cafeteros en cuanto a la selección de fincas, empaque, etiquetado y almacenamiento.

Por ser el Protocolo un documento formativo, que por sus características es muy concreto en su contenido, se desarrolló la **Guía de implementación del Protocolo**, que permite ampliar los criterios establecidos en el Protocolo y proporcionar más elementos de toma de decisión a caficultores y técnicos en aspectos relacionados con la producción de semilla.

La **Guía “Producción de semilla Variedad Castillo® y sus componentes regionales en fincas de caficultores”** pretende hacer un aporte en esta interacción, debido a la atención especial que requiere el proceso y que tiene como objetivo que los Comités Departamentales cuenten con las cantidades suficientes y la calidad de semilla requerida para entregar a los cafeteros de manera oportuna, y apoyar de esta forma la gestión competitiva y sostenible de su empresa cafetera.



En términos generales, la Guía reúne los aportes tecnológicos de las diferentes Disciplinas de Cenicafé para contribuir a la producción de semilla bajo procedimientos con un alto nivel de estandarización y de control de calidad, para asegurar las características genéticas y fisiológicas de la semilla, el adecuado manejo postcosecha y almacenamiento hasta que sea entregada a los cafeteros. Incluye información relacionada con:

- Calidad de la semilla.
- Condiciones de beneficio y de secado.
- Germinación de la semilla.

- Anexos como: Evaluación de plagas y enfermedades en el campo, registros para la trazabilidad de la producción de semilla, selección y empaque en la finca, formato de ficha técnica de inscripción de fincas proveedoras de semilla y prueba de germinación en cajas plásticas.

Finalmente, se espera que La **Guía “Producción de semilla Variedad Castillo® y sus componentes regionales en fincas de caficultores”** se convierta en una herramienta que permita:

- Unificar el lenguaje entre los productores, técnicos e investigadores en aspectos relacionados con el sistema de producción de semilla.
- Contribuir a mantener los criterios de calidad establecidos para la semilla.
- Contribuir a la eficiencia y estandarización de los procesos del sistema de producción de semilla en las fincas de caficultores.
- Agilizar el proceso de entrega de semilla a los Comités Departamentales y la distribución a los cafeteros.
- Contribuir al proceso de mejoramiento continuo, mediante la implementación de mejores prácticas en los diferentes procesos del sistema de producción de semilla.

Producción de la semilla

La propagación de la semilla se hace a partir de la semilla genética y básica.

La **semilla genética** es aquella que resulta del proceso de mejoramiento; en ella se acumulan todas las características que fueron seleccionadas por los Fitomejoradores, como la resistencia a la roya del cafeto, menor presencia de mancha de hierro, mayor producción, tamaño de grano superior, altura de la planta y calidad igual o superior a los testigos comerciales de comparación. Cada semilla genética, una vez sembrada en el campo, debe tener la capacidad de reproducir la planta original de la cual procede.

La **semilla básica** es obtenida a partir de la semilla genética, su producción en el campo se hace bajo la supervisión del mejorador, y de los técnicos de campo con experiencia en la producción de café con destino a semilla, quienes verifican la identidad de las plantas. La semilla que se distribuye a los caficultores del país proviene de esta semilla básica.

Con la semilla obtenida de las mejores progenies seleccionadas de cada una de las variedades, se forma una mezcla que da origen a una variedad compuesta, con uniformidad genotípica aceptable y diversidad en

resistencia a la roya, que asegura la durabilidad de la resistencia y retrasa la aparición y dispersión de las nuevas razas del patógeno (Moreno, 2002).

Calidad de la semilla

La resolución del ICA No. 970 de marzo de 2010, reglamenta lo relacionado con la semilla en el país en cuanto a las definiciones y los requisitos para su producción:

Calidad de la semilla. Conjunto de atributos de la semilla que involucran los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

Análisis de calidad. Conjunto de procedimientos técnicos de laboratorio, utilizados para determinar las características de una muestra de semilla.

Consideraciones prácticas

Es importante tener en cuenta que para contribuir al cumplimiento de los requisitos de calidad se deben implementar las buenas prácticas agrícolas (BPA) a todo el proceso de producción de la semilla, lo cual implica hacer las cosas bien, desde el principio hasta el fin. Además, el control de los procesos contribuye considerablemente a disminuir los riesgos sobre la calidad tanto en el cultivo como en el beneficio.

A continuación se describen las características que debe cumplir la semilla de café para garantizar su calidad, lo que permitirá adelantar la renovación con las variedades resistentes que necesita la caficultura colombiana.

La calidad de la semilla de café depende de su viabilidad, identidad, sanidad y apariencia

Viabilidad. Es la capacidad de la semilla de germinar adecuada y rápidamente, dando origen a plantas sanas y vigorosas. El beneficio y secado del café (Despulpado, clasificación, fermentación, lavado, transporte y secado, entre otros), se debe realizar sin afectar la germinación. El lote de semilla debe garantizar un porcentaje de germinación mínimo del 90%.

Sanidad. La sanidad de la semilla influye en su germinación y apariencia. Los problemas

fitosanitarios se originan en el campo y en el beneficio (Por ejemplo, incidencia de hongos por demoras en el secado). La mancha mantecosa (*Colletotrichum* spp.) es una enfermedad que se trasmite por la semilla; la mancha de hierro en fruto (*Cercospora coffeicola*) dificulta el despulpado y afecta la apariencia de la semilla, y la broca (*Hypothenemus hampei*) perfora los frutos y consume la almendra.

Los lotes para la producción de semilla deben tener baja incidencia de enfermedades y baja infestación de plagas, como la broca, especialmente. El lote de semilla debe presentar un máximo de infestación por broca del 1,0% y la ausencia de brocas vivas.

Apariencia. El pergamino debe ser de color amarillo ámbar y homogéneo, sin veteados o manchas, debe estar entero y sin restos de pulpa adheridos. La semilla no debe tener perforaciones de insectos, daños mecánicos o signos de enfermedades, ni debe estar mezclada con residuos. Además, el café debe presentar bajo número de semillas triángulos o monstruos (hasta 1,5%).

Identidad. Es la correspondencia genética de las plantas a la variedad, en este Protocolo a la Variedad Castillo® y los compuestos regionales. El café es una planta autógama, que tiene alrededor del 5% de polinización cruzada, lo que ocasiona cruzamientos no deseados para la producción de semilla, por eso se debe evitar sembrar variedades diferentes. Esto se garantiza con una finca sembrada en un 70% con variedades resistentes a la roya del cafeto.

Consideraciones prácticas

El carácter de cultivar compuesto de la Variedad Castillo® y sus componentes regionales, implica un cambio en la forma acostumbrada por el caficultor para surtirse de semilla, debido a que siempre que se planea el establecimiento de nuevas siembras, debe utilizarse la semilla producida por Cenicafé, que es distribuida directamente por los Comités de Cafeteros Departamentales y Municipales, y evitar el uso de semillas recolectadas en los lotes o la compra de plantas de almácigo producidas en otras fincas (Alvarado, 2004).

Consideraciones prácticas

Además se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- *El material suministrado por Cenicafé es una mezcla de semillas provenientes de numerosas progenies, rigurosamente seleccionadas para garantizar amplia diversidad genética y la durabilidad de la resistencia a la roya del café. Si se toma semilla de las fincas se corre el riesgo de reducir drásticamente esta diversidad genética.*
- *Cada vez que se seleccionan nuevos y mejores materiales con resistencia durable, se están incluyendo en la composición de la variedad Tabi y la Variedad Castillo® y sus componentes regionales, para enriquecerlas y mejorarlas en sus atributos agronómicos iniciales. Esta ventaja se pierde si la semilla o el material de siembra tiene otra procedencia.*

Para distribuir las semillas de la variedad Tabi y la Variedad Castillo® y sus componentes regionales, Cenicafé debe someter cada lote de semilla a un riguroso proceso de selección manual, para satisfacer las exigencias de calidad del material suministrado a los caficultores. Pero a pesar de las evaluaciones antes de la comercialización, se han registrado casos del deterioro en la calidad de las semillas, identificado en el campo por el bajo porcentaje de germinación y escaso vigor de las chapolas. Estos daños, generalmente se producen por el almacenamiento inadecuado luego de la entrega de la semilla o por la utilización de ésta en fecha posterior a la del vencimiento o por fallas en la elaboración de los germinadores (Alvarado, 2004).

Cenicafé, durante el proceso de beneficio de la semilla, realiza un riguroso control de calidad de la misma, el cual consiste en la realización de pruebas de germinación al concluir la fase de secado (11% a 12% de humedad de la semilla), con la finalidad de detectar si durante las etapas del proceso de beneficio ocurrieron daños en la semilla que afecten su calidad (Alvarado, 2004).

Cada prueba de germinación consta de cuatro repeticiones, y en cada repetición se evalúan 100 semillas. Al concluir la prueba, que dura alrededor de 25 días, se califica en cada caso el porcentaje de semillas germinadas, no germinadas,

atrasadas y débiles (Escaso vigor), y el número de semillas negras (Muertas por diferentes causas). También se identifican los defectos en las raíces (Alvarado, 2004).

Durante un período de 3 a 4 meses después de la entrega de los lotes de semilla y mientras está vigente su garantía, se conservan contramuestras en el lugar de almacenamiento transitorio, en condiciones de temperatura controlada entre 8 y 10 °C, para realizar periódicamente pruebas de germinación, con el fin de documentar y respaldar su calidad y soportar los posibles reclamos (Alvarado, 2004).

La calificación de un lote de semilla como apto para ser distribuido a los caficultores, exige una proporción de germinación superior al 90%, luego de los procesos de lavado y secado. Una semilla se clasifica como “germinada” cuando la longitud de la radícula es el doble del diámetro de la semilla, posee un color curuba característico, ha adoptado orientación geotrópica positiva y además, no presenta malformaciones radicales (Alvarado, 2004)).

Por tratarse de semilla “recalcitrante”, es decir, que pierde la viabilidad al deshidratarse drásticamente y, además, no permanece viable por largos períodos de tiempo, máximo entre 6 y 8 meses, en condiciones de almacenamiento a 10 °C, y en empaque hermético al 11% ó 12% de humedad, la fecha de vencimiento que corresponde a la garantía de viabilidad de cada lote no debe superar los 30 días luego del almacenamiento, ni 60 días de su entrega al campo productor de semillas. En ambos casos, mientras el caficultor decide sobre su utilización, debe conservarse en el empaque hermético y en un ambiente fresco (10 °C) (Alvarado, 2004).

Durante el “tiempo de garantía o vencimiento como semilla”, 30 a 60 días según el caso, es factible obtener una proporción de germinación equivalente a la registrada en las pruebas realizadas durante el proceso de beneficio de la semilla, siempre y cuando las labores en el germinador se ejecuten correctamente. Si la semilla no va a utilizarse inmediatamente, para preservar el período de viabilidad de la semilla, debe almacenarse en condiciones controladas de temperatura (10 °C) y mantener la humedad cercana al 11%; de ahí la importancia de conservar la integridad de la bolsa plástica en la cual se entrega. No se debe exceder el período de garantía de la semilla para su utilización (Alvarado, 2004).

Cuando se distribuye la semilla a los Comités de Cafeteros Departamentales o Municipales, resulta inconveniente su almacenamiento en bodegas donde se guardan otros insumos, y que generalmente alcanzan temperaturas superiores a 25 °C, pues puede ocurrir una pérdida rápida de la germinación y un notable deterioro en la calidad del escaso material que germina (Alvarado, 2004).

Una primera evidencia del deterioro de las semillas se manifiesta en la presencia de granos negros en proporción variable en el germinador, en la prolongación de los tiempos requeridos para alcanzar los estados de fósforo y chapola, y en la alteración de la proporción que normalmente se observa entre ambos estados en el germinador a los 80 días después de siembra (Alvarado, 2004).

En promedio, un kilogramo de semilla contiene aproximadamente 4.700 ± 150 semillas, de las cuales se pueden obtener 4.200 plántulas en el germinador (90% de germinación). Estas cifras deben tenerse en cuenta para estimar las necesidades de semilla, considerando que para la correcta selección y descarte de chapolas se debe tener un margen de por lo menos el 20%, lo que equivale a 3.400 chapolas seleccionadas por kilogramo de semilla previamente sembrada en el germinador. Para sembrar 10.000 plantas/ha, se requieren al menos 3,5 a 4,0 kilogramos de semilla, considerando una proporción del 20% de descarte por selección en el almácigo, para llevar al campo sólo el mejor material y así nunca comprar almácigos obtenidos en otras fincas para completar los faltantes (Alvarado, 2004).

Trazabilidad

El término “trazabilidad” apareció en 1996, como respuesta al aumento de la preocupación de los consumidores por la seguridad alimentaria, y especialmente ante las crisis sanitarias que ocurrieron en Europa, como por ejemplo, el descubrimiento e impacto de la enfermedad de las vacas locas (Encefalopatía Espongiforme Bovina - EEB), en los distintos países.

La trazabilidad se entiende como el conjunto de acciones, medidas y procedimientos técnicos que permite identificar, registrar y rastrear cada producto desde su creación hasta el final de la cadena de comercialización, además otorga la posibilidad de colocar los productos en mercados específicos más rentables, que exigen la certeza del origen y de las distintas etapas del proceso productivo (ICA, 2005).

Entre las ventajas de la trazabilidad para una empresa se encuentra el aumento de la seguridad y beneficios económicos, y para los clientes el aumento de confianza. Su aplicación no tiene límites, es importante hacer el seguimiento de los productos en cualquier etapa de su proceso, algunos sectores económicos que cuentan con estos sistemas son (ISO, 2005):

- El sector pecuario, que utiliza metodologías de trazabilidad en: Bovinos, aves, cerdos, pescado, leche y ovejas, entre otros, el requisito indispensable para lograr un buen registro de trazabilidad en este sector depende de la identificación de los animales. Actualmente existe tecnología que va desde la identificación visual hasta la más avanzada que es la electrónica mediante chips.
- El sector agrícola. Debido a la seguridad alimentaria, las exigencias y normativas en los países importadores y exportadores de productos vegetales y frutas, se han realizado iniciativas de trazabilidad aplicables a productos como banano, vinos, melones, piñas y hortalizas, entre otros.

Para realizar el rastreo de un producto se han desarrollado herramientas denominadas Sistemas de Trazabilidad, en estos sistemas se registra la información de cada uno de los procesos involucrados en la cadena productiva, para lo cual se emplean programas informáticos que permiten, en forma permanente, obtener o ingresar nueva información, y gestionar y registrar cada una de las actividades relacionadas con el producto objeto de trazabilidad.

Los sistemas de trazabilidad deben ser: Verificables, aplicables de forma coherente, orientado a los resultados, rentables y sencillos de aplicar.

En la actualidad existe la tecnología que permite rastrear con precisión el camino que recorre un producto en la cadena productiva y de comercialización, entre las herramientas más utilizadas para hacer el seguimiento de los productos en la cadena de distribución se tienen:

- Códigos o símbolos.
- Lectura óptica (lectores ópticos para códigos de barras).
- La integración de Internet, redes de comunicación, acceso inalámbrico, software especializado, dispositivos móviles, GPS, entre otros.
- Procedimientos manuales (formatos, registros, instructivos, procedimientos).

Un buen sistema organiza la información para facilitar el seguimiento. Se basa en registros escritos, en lugar de la memoria de alguien. Las herramientas pueden incluir:

- Documentos al día escritos a mano.
- Hojas de cálculo electrónicas y bases de datos.
- Software diseñado para administrar la información.
- Hardware especializado para apoyar la recopilación de datos, tales como lectores de tarjetas o lectores de códigos de barras.

En Colombia, la trazabilidad está empezando a implementarse, especialmente en sectores organizados tales como gremios pecuarios y agrícolas, con sus razas puras y algunos cultivos tecnificados respectivamente.

Adicionalmente, la semilla distribuida a los cafeteros a través de los Comités de Cafeteros, está identificada con una etiqueta (Figura 2) entregada por Cenicafé, que incluye la información del sitio de producción (Departamento y municipio), identificación de la finca (Nombre y código SIC@), variedad y fecha de vencimiento), esta etiqueta cuenta con un código de barras (Indica variedad, código SIC@) y número de bolsas), fundamental para poder realizar la trazabilidad o rastreo a la semilla en caso que se presente algún problema o reclamación.



Para el caso de la cadena de producción de café, la Federación Nacional de Cafeteros ha desarrollado un sistema, implementado por Almacafé, que evalúa los cafés especiales desde el sitio de acopio, pasando por toda la cadena logística (Bodega de almacenamiento) y de producción (Trilladora), puerto de origen, hasta el lugar seleccionado por el cliente.



De acuerdo a lo anterior los principales componentes para lograr una trazabilidad confiable son: Mantener documentados los procesos y actividades mediante el registro de la información, integrar Tecnologías de información y comunicación (TIC) y tener un soporte tecnológico que permita aumentar la eficiencia.

La producción de semilla que se lleva a cabo en las Estaciones Experimentales tiene un alto grado de control, debido principalmente al seguimiento que se realiza, tanto a nivel de cultivo como en la documentación de las labores, a través del registro diario de todas las actividades que se realizan asociadas a cada uno de los procesos del sistema de producción de semilla (Figura 1).

De esta manera como soporte a la producción de semilla, se encuentran en proceso de implementación sistemas de trazabilidad mediante aplicativos en ambiente Web (Figura 3), que permiten controlar la producción mediante el registro de la información de las labores diarias relacionada con la semilla producida, tanto en las Estaciones Experimentales de Cenicafé como en las fincas de los cafeteros seleccionados para proveer de semilla; generar mayor confianza en los caficultores, a través de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros; mediante un manejo sistematizado de la distribución de semillas y la atención oportuna de las reclamaciones de los caficultores.

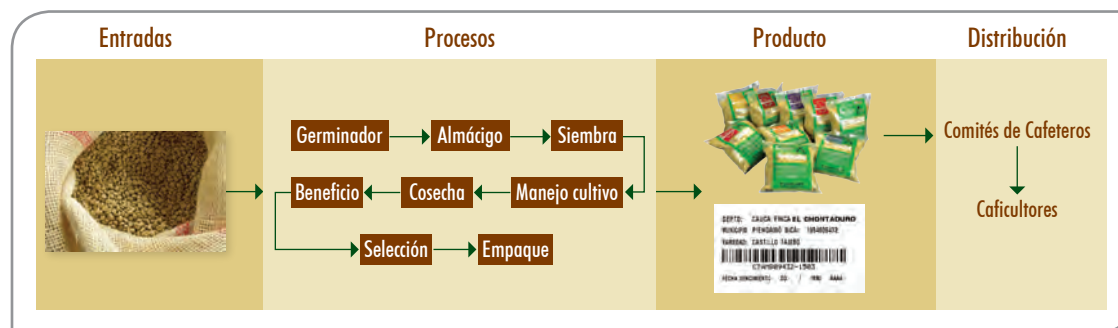


Figura 1.

Sistema de producción de semilla en Estaciones Experimentales de Cenicafé.



Figura 2.

Etiqueta que identifica la semilla producida en finca de caficultores.

Estas herramientas de seguimiento y control en la producción de semilla garantizan la calidad del material de siembra que se entrega a los cafeteros para sus procesos de renovación por parte de Cenicafé, por lo tanto, es importante y necesario que los cafeteros seleccionados para proveer de semilla también documenten su proceso de producción, lo cual permite establecer la trazabilidad de la semilla.

Entre los principales alcances de implementar los sistemas de trazabilidad en la producción de semilla, está el de complementar con información los tiempos de manejo y entrega de la semilla a los caficultores, por parte de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, y adicionalmente, al ser un sistema web, permitirá su acceso tanto en las Estaciones Experimentales como por parte de los cafeteros que produzcan semilla y deseen utilizar la aplicación.



Figura 3.

Ejemplo del Sistema de trazabilidad que se encuentra en proceso de implementación en las Estaciones Experimentales.

Recomendaciones prácticas

- La Federación Nacional de Cafeteros a través de Cenicafé, ha venido desarrollando una serie de recomendaciones con el fin de generar tecnologías dentro de las que se destacan las **semillas de variedades mejoradas de café, con alta productividad y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas del país.**
- La producción de semilla de café en Colombia ha estado bajo la responsabilidad de Cenicafé desde el año de 1982, cuando se dio la necesidad de renovar el parque productivo de Colombia con variedades resistentes a la roya del cafeto.
- Hasta el año 2012 se han distribuido alrededor de 1,7 millones de kilogramos de semilla de variedades resistentes, entre ellas están las variedades Colombia y Tabi, y la Variedad Castillo® y sus componentes Regionales.
- En 2007 se renovaron 66.000 hectáreas, y en 2011 y 2012 se superó la barrera de las 117.000 hectáreas año. Hasta abril de 2013, el 56% del parque productor, se encuentra con variedades resistentes, lo que representa un aporte importante a la meta trazada a 2020, cuando se espera que más del 90% del área sembrada en el país, se encuentre establecida con este tipo de variedades.
- En la actualidad los cafeteros cuentan con diferentes materiales resistentes a la roya, dentro de los que se destacan la Variedad Castillo® y sus componentes regionales, y la Variedad Tabi.
- La calidad final de la semilla está determinada por el adecuado manejo agronómico en el campo y un cuidadoso proceso de beneficio. La calidad de la semilla de café depende de su viabilidad, identidad, sanidad y apariencia. Igualmente su producción debe hacerse bajo los parámetros de buenas prácticas agrícolas (BPA).
- Siempre que se proyecte el establecimiento de nuevas siembras, debe utilizarse la semilla producida por Cenicafé y fincas autorizadas, que son distribuidas directamente por los Comités de Cafeteros Departamentales y Municipales, y evitar el uso de semillas recolectadas en los lotes o la compra de plantas de almácigo producidas en otras fincas de los cuales se desconozca su procedencia.
- Bajo ninguna consideración debe excederse el tiempo de almacenamiento de 2 a 3 meses después de procesada la semilla, ni puede ofrecerse garantía de viabilidad de más de un mes luego de salir del lugar de almacenamiento.
- La distribución de la semilla debe ser ágil y oportuna por parte de los Comités a los caficultores, sin sobrepasar su fecha de vencimiento. Deben tener en cuenta que mientras realizan su distribución es conveniente conservarla en lugares de almacenamiento a temperaturas de 10 °C, y además, deben comunicar oportunamente a los caficultores sobre los cuidados requeridos para garantizar su germinación.

- La utilidad de los sistemas de trazabilidad para la FNC, está enmarcada en la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas, fundamentadas en las tecnologías generadas por Cenicafé, y en tener el registro de la información, el cual permite documentar los procesos de producción de semilla, esencial para establecer acciones de mejora tanto en las Estaciones Experimentales como en las fincas de los caficultores seleccionados para la producción de semilla, específicamente para estos últimos se espera que:
 - Asuman el sistema de trazabilidad como herramienta que aporta competitividad a su empresa cafetera.
 - Se pueda rastrear finca por finca la realización de cada uno de los procesos de producción de semilla, para garantizar la calidad de la misma.

Literatura citada

- ALVARADO A., G. *Atributos de calidad de la semilla de café de las variedades Colombia y Tabi*. Chinchina : CENICAFE, 2004. 4 p. (Avances Técnicos No. 324).
- CHAPARRO C., M.C.; ROJAS A., J.M.; GÓMEZ P., C.R.; ARISTIZÁBAL V., G.E.; CORTINA G., H.A.; POSADA S., H.E., ARCILA P., J.; MEJÍA M., C.G.; CÁRDENAS L., J. *Guía para la implementación del protocolo producción de semilla de café variedad Castillo® y sus compuestos regionales en fincas de caficultores*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 48 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. *Norma Técnica Colombiana NTC-1SO 9000:2005 Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Colombia. ICONTEC, 2006-01-12. 13 p
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *International standard ISO 22005:2007. Traceability in the feed and food chain: General principles and basic requirements for system design and implementation*. Suiza, ISO, 2007-07-15. 14 p.
- MORENO R., L.G. *Tabi: Variedad de café de porte alto con resistencia a la roya*. Chinchina : CENICAFE, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 300).
- MORENO R., L.G.; ALVARADO A., G. *La variedad Colombia; veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de roya del cafeto*. Chinchina : CENICAFE, 2000. 32 p. (Boletín Técnico No. 22).

Regionalización de la calidad del café de Colombia

Denominaciones de origen como estrategia de valor agregado

Andrés M. Villegas Hincapié; Huver Elías Posada Suárez;
Carolina Pérez Henao; Claudia Tabares Arboleda;
Luis Fernando Samper Gartner

El Café de Colombia es un producto reconocido en el mercado internacional por su calidad. La variación que posee la zona cafetera en términos de clima, suelo y sistemas de producción, hacen posible la diferenciación y segmentación de la producción cafetera a nivel regional, como estrategia de valor agregado.

Con este objetivo, la Federación Nacional de Cafeteros comenzó una estrategia con la cual se busca reconocer la calidad de los diferentes cafés que se producen en el país bajo el concepto de Indicación Geográfica Protegida (IGP) y Denominación de Origen Protegido (DOP). Éstas son un reconocimiento a la calidad de un producto, la cual se deriva exclusiva y fundamentalmente del medio geográfico en el que se elaboran, y a la cual se le asocian factores naturales como el clima y el suelo, y humanos asociados a la postcosecha del café. De esta manera, actualmente se reconocen el “Café de Colombia”, el “Café de Nariño”, el “Café de Cauca” y el “Café de Huila”. Otras regiones se encuentran en estudios técnicos para solicitar la certificación IGP y DOP ante la Superintendencia de Industria y Comercio.



La producción de café: Visión de sistema

Se define como sistema a un conjunto de elementos dinámicamente relacionados entre sí, para alcanzar un objetivo, operando sobre entradas y motivando salidas procesadas, éstas se encuentran en un medio ambiente y constituyen una totalidad diferente de otra (Ramírez, 2002). En los sistemas de producción de café se da la posibilidad de entender lo que ocurre al dividirse en subsistemas con sus correspondientes entradas, procesos y salidas, que su vez son dinámicos en el tiempo, de acuerdo al manejo que se realice. En la Figura 1 se presenta el esquema conceptual de un sistema de producción de café, el cual posee los tres componentes (Moreno, 2007):

Insumos o entradas. Son los recursos que requiere el sistema para que inicie su funcionamiento. En café se tienen las condiciones climáticas, el suelo, los fertilizantes, la mano de obra y la disponibilidad de agua, entre otros.

Procesos. Son las transformaciones de las entradas. En café se diferencian diferentes subsistemas, entre ellos las plagas, enfermedades, control de arvenses, procesos de beneficio, entre otros, con sus respectivos insumos, procesos y salidas.

Salidas. Son los resultados que se obtienen de procesar las entradas, éstas pueden adoptar la forma del producto. En café, se asocia especialmente a la producción de café pergamino con su calidad intrínseca (propias del producto) y que se diferencia de los atributos simbólicos que le pueden incluir al producto, al momento de comercializarlo, bien sea por la inclusión de certificaciones o por atributos que le adicionan al momento de comercializarse en tiendas de consumo de café o en estanterías de supermercados, e inclusive en la preparación de la bebida.

Entorno – límite – frontera. Es el medio que envuelve al sistema con el cual está en constante interacción, ya que éste recibe entradas, las procesa y efectúa salidas. La supervivencia de un sistema depende de su capacidad de adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandas del ambiente (Moreno, 2007), en este caso del mercado.

La calidad de café como sistema

La *International Standard Organization* –ISO (Acrónimo en inglés) (2000), define la calidad como el grado en el que un conjunto de propiedades y características inherentes de un producto, proceso o servicio, le confieren aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas. Esas características son llamadas “atributos”.

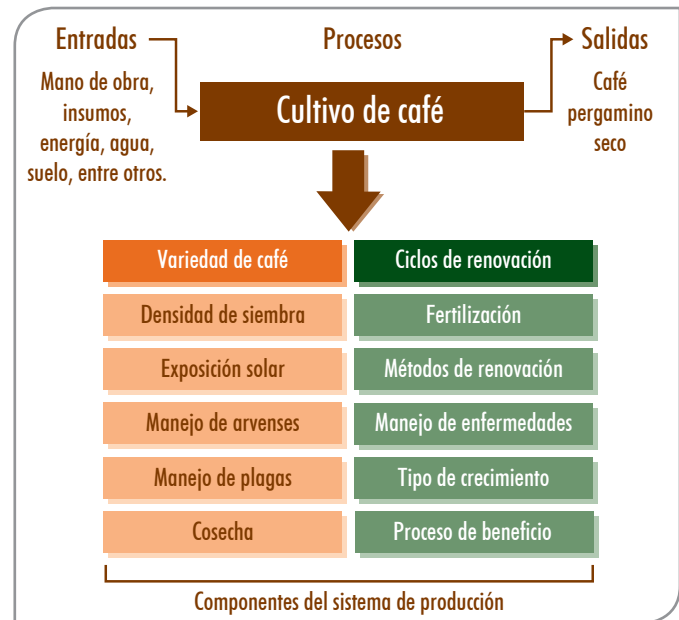


Figura 1.

Modelo conceptual del sistema de producción de café (Tomado de Duque *et al.*, 2005).

La ISO ha definido cerca de 31 normas para diferentes mediciones en café, las cuales incluyen desde análisis físico de los granos hasta métodos analíticos para la cuantificación de compuestos químicos (ISO, 2009). Así mismo, definió un estándar para la calidad del café verde (ISO 9116), el cual requiere el origen geográfico, origen botánico del café, el año de cosecha, el contenido de humedad, los defectos totales, el porcentaje de granos dañados por insectos y el tamaño de los granos (ISO, 2004).

Una taza de café expresa los aspectos que ocurrieron en las condiciones climáticas imperantes en la época en la cual se desarrolló el fruto, el sistema de producción, el suministro de nutrientes, la adecuada recolección de frutos maduros, beneficio, secado, almacenamiento y finalmente la comercialización (Figura 2). El mercado se reconoce como el contexto que rodea la calidad del café, la cual es externa al sistema, pero que influye decididamente en éste.

Leroy *et al.* (2006) establecieron cuatro puntos donde se diferencia la definición de calidad en café:

- **A nivel del agricultor.** La calidad del café es una combinación de los sistemas de producción, la cultura de producción (Lavados, semilavados o secos) y el precio.
- **En el nivel exportador o importador.** La calidad del café se vincula al tamaño de los granos, la ausencia de defectos, la regularidad de aprovisionamiento, el volumen disponible, las características físicas y el precio.

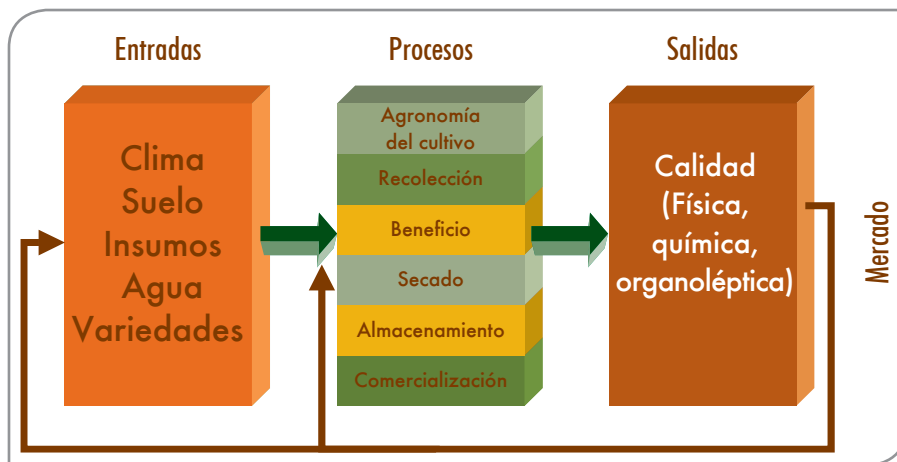


Figura 2.

Modelo conceptual de la calidad en café.

- **A nivel del tostador.** La calidad del café depende del contenido de humedad, la estabilidad de las características, origen, precio, compuestos bioquímicos y calidad organoléptica. Cabe señalar que cada mercado de consumo o de un país puede definir sus propias cualidades organolépticas.
- **A nivel del consumidor.** Hace referencia a las ofertas de la calidad del café con el precio, sabor y aroma, los efectos sobre la salud, la procedencia geográfica y los atributos simbólicos como Café orgánico, Comercio justo, entre otros.

Al final del proceso de comercialización se han adicionado conceptos como la “**calidad simbólica**” la cual se relaciona con el desarrollo de marcas, el entorno en el cual se degusta una taza de café, el empaque del café tostado en los supermercados, las iniciativas de sostenibilidad y en la atención personalizada a los clientes en el punto final de venta, bien sea cafeterías o bares, entre otros (Daviron y Ponte, 2006).



En este capítulo, solo nos concentraremos en la medición y valoración de la calidad tal como la realiza en la comercialización de café el caficultor, como proveedor de materias primas, mediante evaluaciones organolépticas, físicas y químicas.

Calidad organoléptica – sensorial. La calidad de la bebida depende de numerosos factores, entre los cuales merecen destacarse los siguientes: La especie, las condiciones ambientales, las prácticas agronómicas en los cafetales, el método de beneficio empleado, las condiciones

de almacenamiento del grano, el procesamiento industrial, la preparación de la bebida y las preferencias de los consumidores (Illy y Viani, 2005).

Para Lingle (1993), la calidad organoléptica es determinada por el análisis sensorial, el cual es un método de evaluación sistemática para las características aromáticas y gustativas de una muestra de granos de café. La catación está asociada con un propósito económico, tales como la compra o las mezclas de café.

Calidad física. Se refiere a las características propias del grano de café en sus diferentes presentaciones, tanto en café pergamino, almendra o tostado. En este sentido el contenido de humedad, la apariencia, la presencia de materiales extraños, el tamaño, el olor del grano en pergamino, almendra y tostado, constituyen la calidad física, resultado del control durante el cultivo, la cosecha, el beneficio, el secado, la trilla y la torrefacción (Fajardo y Sanz, 2003).

Calidad química. La calidad final del café está determinada por su composición química, la cual depende de la especie, prácticas agronómicas, grado de madurez, localidad o procedencia geográfica, almacenamiento y las interacciones de éstas (Illy y Viani, 2005).

Durante el proceso de maduración del fruto ocurren varios cambios metabólicos y modificaciones en la composición química, que le permiten al fruto alcanzar el punto de cosecha, el cual se confirma con cambio de coloración de verde a rojo o amarillo, dependiendo de la variedad de café (Bertrand, 2002, citado por Leroy et al., 2006).

En cuanto a los compuestos químicos, aquellos que han recibido la mayor atención por presentar algún tipo de asociación a los diferentes atributos sensoriales de la bebida son la cafeína, trigonelina, azúcares, materia grasa y ácidos clorogénicos (Flament, 2001).

Derechos de propiedad intelectual

En los últimos años se ha incrementado significativamente la necesidad de proteger las creaciones de la mente humana, en este sentido juegan un papel importante los derechos de Propiedad Intelectual (PI), que protegen los intereses de los creadores, al darles los derechos de propiedad sobre sus creaciones (WIPO, 2009).



En el caso de productos agrícolas, la Organización Mundial de Propiedad Intelectual-OMPI administra los tratados internacionales que se ocupan en parte o totalmente de la protección de las indicaciones geográficas, especialmente, el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, y el Arreglo de Lisboa, relativo a la Protección de las Denominaciones de Origen y su Registro Internacional (WIPO, 2009). Se reconocen tres tipos de procedencia para la protección de derecho de propiedad intelectual: Indicaciones de Procedencia, Indicaciones Geográficas y Denominaciones de Origen.

Indicaciones de procedencia. Este término es usado en los Artículos 1 y 10 del Convenio de París, para la Protección de la Propiedad Industrial de 1883 (WIPO, 2002), y por el Arreglo de Madrid de 1891 (OMPI, 2009). Se entiende por indicación de procedencia cualquier denominación o representación gráfica que identifique y distinga un producto o servicio como originario de un país, región o lugar concreto, pero que no connota una calidad o característica específica por razón de su origen.

Indicaciones Geográficas Protegidas (I.G.P). Son signos distintivos que asocian la calidad y reputación de un producto, con el lugar de procedencia o área de producción. La IGP indica el vínculo con el territorio en al menos una

de las fases de producción, transformación o elaboración (Road D'imperio, 2001; WIPO, 2002).

Denominaciones de Origen Protegida (D.O.P). Es un tipo especial de indicación geográfica, que se aplica a productos que poseen una calidad específica, derivada exclusiva o fundamentalmente del medio geográfico en el que se elaboran, además se le asocian factores naturales y humanos (WIPO, 2009).

Diversos países han desarrollado un sistema de registro de IGP y DOP, que ampara a los productores de una zona geográfica determinada con un signo distintivo y diferenciador. Este sistema de registro reconoce como IGP o DOP solamente aquellos productos cuya calidad se vincula a una zona geográfica delimitada.

Legislación que describe las Denominaciones de Origen y la Indicaciones Geográficas

A nivel mundial, las Denominaciones de Origen y las Indicaciones Geográficas se circunscriben dentro de los acuerdos de Propiedad Intelectual, coordinadas por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (WIPO), en especial, a lo referente a tratados internacionales a la protección de las indicaciones geográficas y las denominaciones de origen, y en particular, en el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial (artículos 10 y 10 ter) y el Arreglo de Lisboa, relativo a la Protección de las Denominaciones de Origen y su Registro Internacional¹.

A nivel regional, la Decisión 486 de Comunidad Andina de Naciones, establece el Régimen Común sobre Propiedad Industrial, del Acuerdo de Cartagena, el cual en el título XII hace referencia a las Indicaciones Geográficas y Denominaciones de Origen, y legisla sobre el uso de estos signos distintivos. A nivel nacional, para las Denominaciones de Origen y las Indicaciones Geográficas la entidad encargada de otorgar estas certificaciones es la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)².

Beneficios de una Indicación Geográfica Protegida (I.G.P) y Denominación de Origen Protegida (D.O.P)

1. Fomenta y favorece la organización del sector productivo, debido a que el registro y posterior uso y control de una I.G.P. y D.O.P. requiere un esfuerzo por parte de productores o elaboradores del producto para asociarse y establecer normas y mecanismos claros de control y resolución de conflictos.

¹ http://www.wipo.int/geo_indications/es/

² <http://www.sic.gov.co/es/>

2. Facilita el acceso de productores a mercados nacionales e internacionales, gracias a una oferta estable y homogénea de un producto de calidad con un origen definido.
3. Favorece la divulgación, promoción y oferta del producto a nivel regional, nacional e internacional como un producto de alta calidad y exclusivo de la zona donde proviene.
4. Proporciona un marco de defensa legal de protección del producto contra el fraude.

Identificación de origen en café

Estudios en Denominación de Origen Protegida (DOP) en café

En café se han realizado diferentes trabajos referentes a la identificación de la Denominación de Origen de Producto, en países como: Estados Unidos (Isla de Hawái), México, Costa Rica, Nicaragua, Guatemala, Ecuador, República Dominicana, Brasil y Etiopía, entre otros, utilizando diferentes métodos analíticos para identificar la procedencia y su utilización en la Denominación de Origen, entre los cuales se encuentran los isótopos estables (Prodollet *et al.*, 1997; Serra *et al.*, 2005), la cromatografía líquida de alta resolución-HPLC (Alves *et al.*, 2003), el método de espectroscopia acoplado al plasma (Anderson y Smith, 2002), métodos cualitativos y cuantitativos como la espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS y espectros de masas (Huck, *et al.*, 2005), espectroscopia Raman (Rubayiza y Meurens, 2005) y resonancia magnética nuclear (Charlton *et al.*, 2002) entre otros.

- El Consejo Cafetalero Nacional del Ecuador, en el 2003, desarrolló un proyecto denominado “Caracterización física y organoléptica de cafés arábigos, en los principales agroecosistemas del Ecuador” donde concluyeron que el tamaño del grano mostró un efecto significativo sobre las características organolépticas sabor, acidez y cuerpo. Además, indicaron que los altos contenidos de hierro y nitrógeno contribuyen de manera directa a mejorar la acidez de la bebida, y el contenido de magnesio en el suelo favorece las características de aroma y sabor de los cafés. Mientras que las características organolépticas tales como aroma, sabor y cuerpo del café se ven afectadas negativamente por la presencia de altos contenidos de cobre. Finalmente, concluyeron que la altitud favorece el incremento de la acidez de la bebida, hasta los 1.500 m, aproximadamente.
- Existen diferentes trabajos utilizando la tecnología NIRS, para diferenciar entre café Arábica y café Robusta (CIRAD, 2005). El Centro de Cooperación Internacional para la Investigación Agrícola y el Desarrollo (CIRAD), tiene una base de datos de 4.500 espectros de café verde procedente de diferentes países productores de café arábigos, entre ellos Guatemala y Costa Rica. Este Centro ha desarrollado estudios de mezclas para identificar los porcentajes del arábica y robusta en el

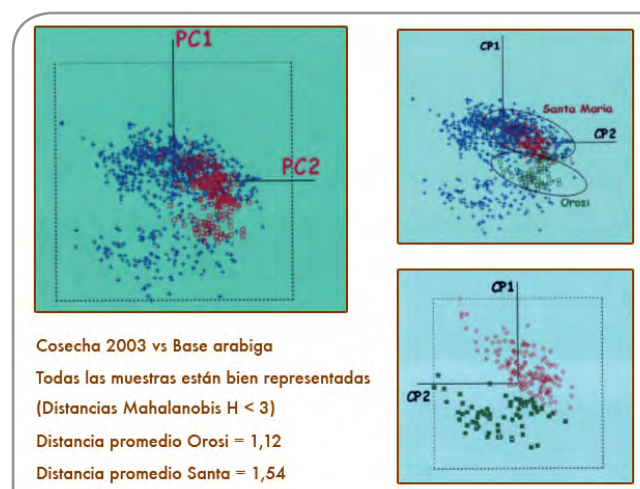


Figura 3.

Planos de clasificación de un conjunto de muestras procedentes de Costa Rica (Promecafé, 2005).

café molido, los resultados sugieren que es posible utilizar esta herramienta para establecer claramente el origen geográfico.

- En Costa Rica, ICAFE con el apoyo del departamento de Cultivos Perennes del CIRAD, con la tecnología NIRS ha iniciado el análisis de caracterización de perfiles químicos y discriminación estadística por factores de calidad (Acidez, aroma y cuerpo, entre otros), en diferentes sitios geográficos (Promecafé, 2005). Los resultados iniciales de la aplicación de NIRS en el estudio de DOP para café verde arábica se presentan en la Figura 3, donde los análisis por componentes principales permitieron diferenciar la procedencia de las muestras de Santa María de Dota (rojo) y muestras de Orosi (verde), de las cosechas de los años 2002-2003 y 2003-2004 (Promecafé, 2005).
- En la Figura 4 se ilustran los resultados a partir de un análisis de componentes principales en la discriminación de cinco localidades productoras de café en Nicaragua (Vaast *et al.*, 2005). Las diferencias entre las regiones se presentan en términos del tamaño, la composición del grano y la calidad de la taza, las diferencias se asociaron con las condiciones agroecológicas, principalmente altitud.
- En México se realizó un proyecto denominado “Determinación de las subdenominaciones de origen del Café de Veracruz” (Pérez *et al.*, 2005), donde relacionaron atributos sensoriales del café con condiciones agroecológicas, encontrando relaciones entre acidez y temperatura media anual y agrupaciones en perfil sensorial de acuerdo al tipo de suelo, donde en total se identificaron seis perfiles diferentes.
- Avelino *et al.* (2002), desarrollaron un trabajo en denominación de origen en los cafés de Honduras, en el cual evaluaron las muestras por análisis sensorial

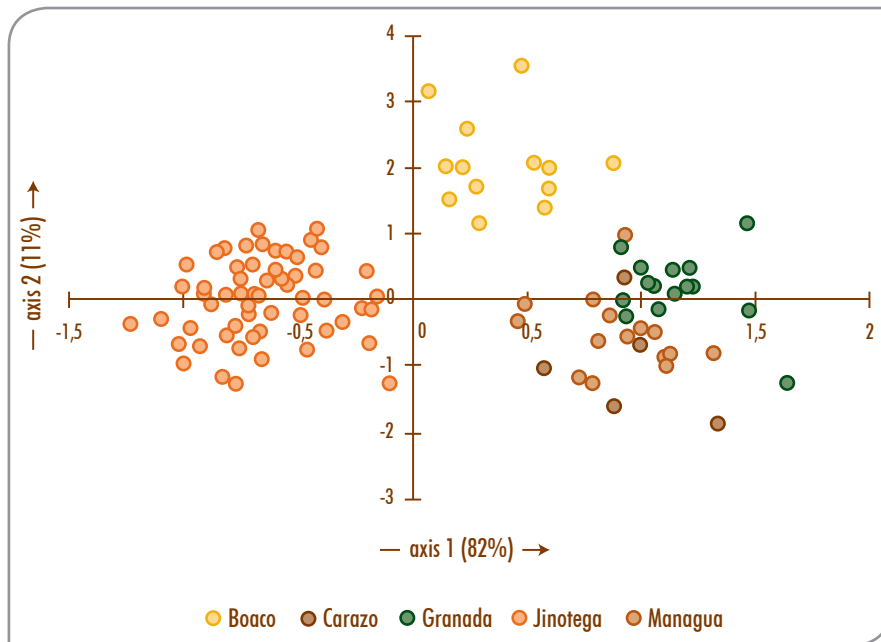


Figura 4.

Planos de clasificación de un conjunto de muestras Nicaragua, de diferentes zonas productoras de café (Vaast et al., 2005)

y NIRS, y lo asociaron a condiciones ambientales como altitud, pluviometría, acidez del suelo, sombra, productividad y granulometría. Identificaron las zonas potenciales para la producción de café, debido a

la relación que se encontró de estos factores con la calidad de la taza.

Se ha desarrollado la validación de técnicas analíticas para 19 compuestos químicos asociados a la calidad del café, entre los que se incluyen cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos totales y algunos de los isómeros 3CQA, 4CQA, 5CQA, sacarosa, materia grasa y ácidos grasos (Arana, 2005; Posada et al., 2006; Villegas, 2005). Para los mismos compuestos se han desarrollado ecuaciones de calibración para usar en el NIRS, que permiten su utilización en la cuantificación de forma indirecta de dichos compuestos (Pérez, 2005; Pérez et al., 2009).

En Colombia se están desarrollando proyectos encaminados a la diferenciación de Origen del Café Colombiano, utilizando la metodología ICPAES en muestras procedentes de diferentes localidades de la zona cafetera colombiana, al igual que por identificación de compuestos asociados al aroma. Así mismo, en Cenicafé se han implementado y desarrollado métodos de análisis químico basados en NIRS, para determinar la procedencia del Café de Colombia (Posada et al., 2005) y la cuantificación de compuestos químicos asociados a la calidad de café (Pérez et al., 2007), lo que ha permitido establecer la huella dactilar química del Café de Colombia (Posada et al., 2009).

Calidad del Café de Colombia

La calidad del café colombiano es una de las ventajas competitivas de los caficultores en el escenario global. **El programa 100% Café de Colombia tiene como objetivo facilitar la comercialización y promoción de marcas de café cuyo origen es 100% Café de Colombia, para acceder a nuevos canales de venta y a mayores precios** (FNC, 2008).

Un reconocimiento a la calidad del Café de Colombia, fue en septiembre de 2005, cuando Juan Valdez® fue elegido como el ícono publicitario favorito de consumidores en varios países. Por lo tanto, el posicionamiento y la calidad del Café de Colombia®™ permiten una diferenciación en el negocio cafetero (Reina et al., 2007).

Autenticidad del Café de Colombia

La autenticación de alimentos es el proceso por el cual se verifica que un producto alimenticio cumple con su descripción

de etiqueta, con el fin de proteger al consumidor de comprar un producto con una descripción falsa, además de proteger los derechos de propiedad intelectual (Garzón, 2003).

Por lo tanto, **la autenticidad** es un término que ha cobrado importancia en los tratados internacionales en materia comercial, y conlleva entre otros beneficios, al establecimiento de conceptos como Indicaciones Geográficas y Denominación de Origen, en el cual se reconoce y protege un producto que posee una reputación reconocida (Puerta, 2003).



En consecuencia, la identificación del origen “Café de Colombia” ha tomado importancia ya que se ha convertido en una forma de defender la calidad del producto y como estrategia de valor agregado (FNC, 2008).

Denominaciones de Origen: El caso del “Café de Colombia”

El éxito de cafés diferenciados con base en su origen, radica en una combinación de los siguientes factores: 1.) Oferta limitada, ya que su producción está restringida a una región; 2.) Control de calidad riguroso; 3.) Promoción activa, que logre despertar elementos subjetivos y emocionales en el consumidor dispuesto a pagar por este café (FNC, 2006).

En la Figura 5 se presenta el esquema general de una IGP y DOP para el “Café de Colombia”.

Indicación geográfica protegida “Café de Colombia”³⁻⁴

Zona geográfica delimitada de producción, extracción o elaboración del producto se designa con la Indicación Geográfica Protegida (I.G.P). La zona geográfica que ampara la I.G.P. Café de Colombia, se delimita administrativamente a los departamentos de Antioquia, Arauca, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, La Guajira, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle. Igualmente, se define como zona Cafetera Colombiana las zonas ubicadas entre la latitud Norte 1° a 11° 15´ y longitud Oeste 72° a 78°, y aquellas ubicadas a un rango de entre los 400 y los 2.500 metros de altitud (FNC, 2006; SIC, 2005) (Figura 6).

La ubicación de Colombia en el trópico, cuyo territorio cruzan las vertientes de la Cordillera de los Andes colombianos, denominadas cordilleras Occidental, Central y Oriental, además de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Sierra de la Macarena, permite la existencia de una variedad de climas y condiciones que favorecen el cultivo del café.

El Café de Colombia se designa a un producto originario de la República de Colombia, cuya calidad y reputación obedecen, fundamentalmente, al medio geográfico y cuyo cultivo, recolección y transformación se efectúa en la República de Colombia.

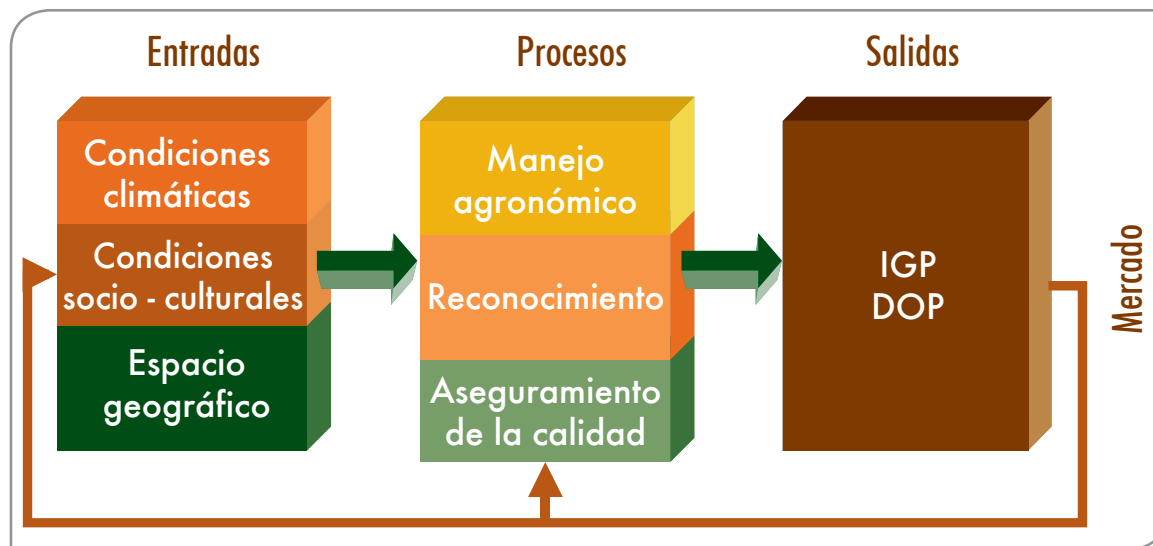


Figura 5.

Modelo conceptual de una IGP o una DOP para “Café de Colombia”.

³ Apartes tomados de la resolución N° 4819 de 2005 de la Superintendencia de Industria y Comercio.

⁴ Para mayor información acceda al vínculo:

http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/indicaciones_geograficas/Denominacion_de_Origen/



El nombre geográfico que fue protegido es el de Colombia, que coincide con el de la República de Colombia, donde las condiciones de crecimiento del café ocurren en la cordillera andina y en sus estribaciones, que recorren la totalidad del país, desde la costa caribeña, al norte, hasta la frontera de la República de Colombia con la República del Ecuador, al sur.

La Zona Cafetera Colombiana se caracteriza por producir un grano de café que genera una bebida con una taza limpia, con acidez y cuerpo medio/alto y aroma pronunciado y completo. Estas características y cualidades se obtienen de café de la especie Arábica, las cuales incluyen las variedades Caturra, Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Castillo®, San Bernardo y “Colombia”.

El producto “Café de Colombia” puede estar compuesto por uno de estos tipos o variedades o por una mezcla de los mismos, siempre y cuando se realicen procesos esmerados en el cuidado de los cultivos, en la recolección y en los procesos de postcosecha, y se tueste el café en períodos no muy alejados a su recolección. Consecuentemente, la calidad del café colombiano también depende de los siguientes factores comunes: La recolección selectiva con un alto componente manual y el proceso de beneficio húmedo del café.

Debido a su situación geográfica en la zona tropical, afectada por los océanos Atlántico y Pacífico, la Amazonía, la presencia de valles interandinos y el variado relieve en las fincas cafeteras, se presentan topoclimas y microclimas que le confieren unas condiciones particulares adecuadas para el cultivo del café, en cuanto a disponibilidad de agua, temperatura, radiación solar y régimen de vientos.

La tendencia general del clima de la zona cafetera central de Colombia, es la de presentar dos períodos secos y dos lluviosos en el año - comportamiento bimodal, de los cuales los meses de mayor lluvia son abril a mayo y octubre a noviembre. En las regiones norte y sur del país, la tendencia es la de presentar una sola estación lluviosa en el año comportamiento unimodal. Por consiguiente, Colombia, como país productor de café de excelente calidad, se caracteriza por ofrecer café fresco todo el año.

La Superintendencia de Industria y Comercio, declaró la Denominación de Origen “Café de Colombia”, mediante Resolución 4819 del 4 de marzo de 2005, en la cual se establecen los factores naturales y humanos que determinan las características del “Café de Colombia”, cuyo cumplimiento constituye el primer requisito que debe acreditar quien solicite la autorización de uso de dicha certificación.

La Unión Europea (UE) otorgó al “Café de Colombia” el certificado de Indicación Geográfica Protegida (IGP), que por primera vez se entregó a un producto de un país no europeo. La inclusión en el Registro Europeo de Denominaciones de Origen y de Indicaciones Geográficas Protegidas se hizo tras cumplir con todas las exigencias de la UE, en el reglamento número 1050 de 2007 (Unión Europea, 2007).

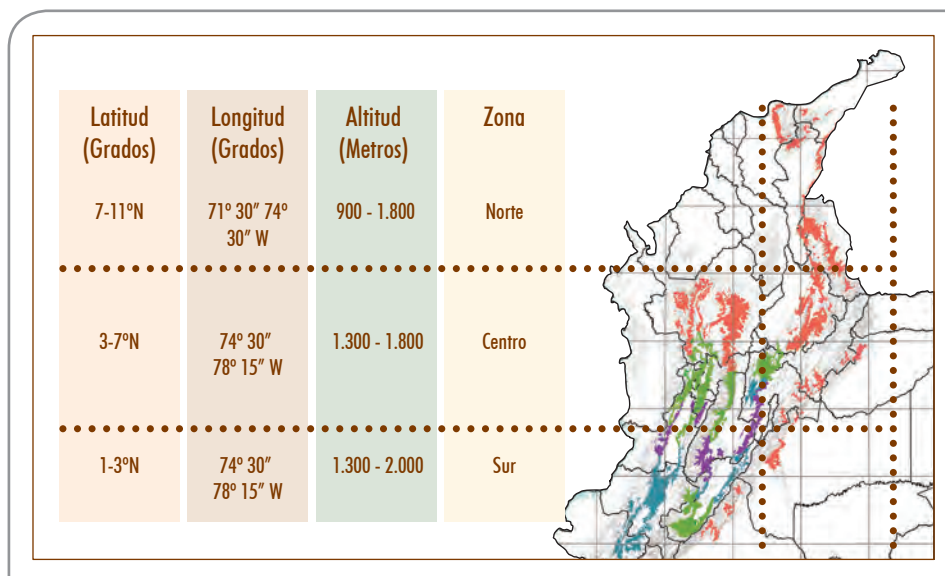


Figura 6.

Zona geográfica protegida como IGP “Café de Colombia”.

El otorgamiento de la IGP por parte de la Unión Europea al “Café de Colombia”, es el reconocimiento más importante que puede recibir el sector agropecuario de un país y en el cual se reconoce un alto nivel de calidad, gracias al vínculo con el medio geográfico en alguna de las etapas de su producción, transformación y elaboración. La Comisión Europea analizó y evaluó el sistema de control de la calidad y la capacidad de la Federación Nacional de Cafeteros en la administración de la IGP (FNC, 2008).

La Confederación Helvética (Suiza) otorgó al “Café de Colombia” la Indicación Geográfica Protegida (IGP), convirtiéndose en la primera denominación de origen extranjera en ser aceptada por este país, que a partir de ahora protege al café colombiano como un producto único en el mundo.⁵ Este reconocimiento en Suiza, junto a Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea, le confieren al “Café de Colombia” como origen único, diferente y de calidad (Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF, 2013).

Desde el año 2004, la Federación Nacional de Cafeteros y diferentes dependencias de la Institucionalidad Cafetera entre ellas: Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo, Gerencia Técnica, Almacafé, Cenicafe y Comités Departamentales de Cafeteros, iniciaron un proceso de estudios técnicos que permitieron regionalizar la calidad del Café de Colombia, en las cuales incluyeron los departamentos cafeteros de Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Santander, Norte de Santander, Norte de Santander, Cesar, La Guajira y Magdalena.

En los anteriores departamentos se han realizado trabajos concernientes a la identificación y cuantificación de las relaciones de causalidad del café, con aspectos como condiciones climáticas, condiciones de suelo, manejo del cultivo, prácticas de cosecha, postcosecha y socio-culturales, de manera que permitieran identificar las relaciones entre la calidad del producto su procedencia.

Denominación de origen “Café de Nariño”⁶⁻⁷

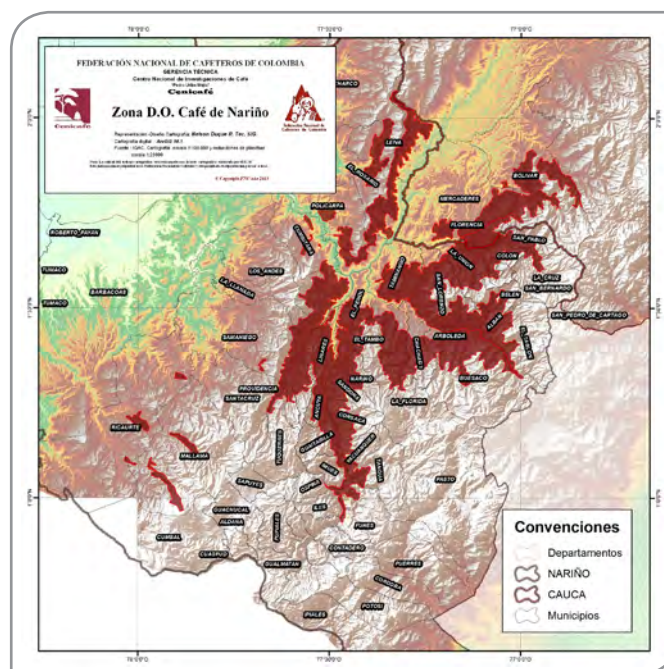
Ante la Superintendencia de Industria y Comercio se solicitó en el año 2011 la Denominación de Origen **Café de Nariño**, para amparar el café arábigo lavado suave que se cultiva en la zona de producción cafetera, específica del departamento de Nariño, y que procesado, se caracteriza sensorialmente **por poseer una alta acidez, cuerpo medio, notas dulces,**

taza limpia, suave y aroma muy pronunciado, que junto con la suavidad y limpieza propias del café de Colombia, lo hacen particular.

Zona designada

La denominación “Café de Nariño” ha sido designada a una zona geográfica particularmente delimitada, que comprende los territorios de los 37 municipios que conforman la zona cafetera del Departamento de Nariño y, adicionalmente, por compartir una topografía y características climáticas con tres municipios del sur del Departamento del Cauca: Bolívar, Mercaderes y Florencia. El Mapa 1 ilustra el territorio geográfico de donde proviene el Café de Nariño (Samper *et al.*, 2009; SIC, 2011).

La inclusión de los municipios del Cauca obedece a que los resultados de las principales variables del suelo y clima, como características del producto (Perfiles químicos del café verde) provenientes de los municipios mencionados, permitieron concluir que la oferta ambiental y la calidad del producto observados en los tres municipios del sur del Cauca cumplen con las características observadas de los municipios cafeteros que se sitúan en el departamento de Nariño.



Mapa 1.

Territorio Geográfico de donde proviene el Café de Nariño.

⁵http://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/sala_de_prensa/detalle/el_cafe_de_colombia_primera_indicacion_geografica_protegida_igp_extranjera/

⁶ Apartes tomados de la Resolución 06093 del 11 de febrero de 2011 de la Superintendencia de Industria y Comercio.

⁷ Para mayor información acceda a: <http://narino.cafedecolombia.com/>

Zona geográfica delimitada de producción, extracción o elaboración del producto que se designa con la denominación de origen

Delimitación geográfica

La denominación de origen Café de Nariño, se entiende a la zona geográfica que comprende la zona cafetera de los municipios de Pasto, San José de Albán, Ancuya, Arboleda, Buesaco, Colón (Génova), Consacá, Cumbitara, Chachagui, El Rosario, El Tablón, El Tambo, Funes, Guaitarilla, Iles, Imues, La Cruz, La Florida, La Unión, Leiva, Linares, Los Andes, Soto, Mallama, Policarpa, Providencia, Samaniego, Sandoná, San Bernardo, San Lorenzo, San Pablo, San Pedro de Cartago, Santacruz, Taminango, Tangua, Túquerres, Yacuanquer y aquellos municipios que poseen café y que son reconocidos como del departamento colombiano de Nariño y en tres municipios del departamento del Cauca, Mercaderes, Bolívar y Florencia, que se encuentran entre los 1.300-2.300 metros sobre el nivel del mar.

Es de resaltar que la totalidad de la zona geográfica delimitada para el Café de Nariño pertenece a la zona cafetera colombiana, dentro de los parámetros de altura latitud y longitud descritos en la protección de la Indicación Geográfica Protegida Café de Colombia reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC, 2005).

Características sensoriales

El Café de Nariño, en su perfil sensorial se caracteriza por ser un café de alta acidez, cuerpo medio, notas dulces, limpio, suave y aroma muy pronunciado⁸ (Figura 7).

Composición química

En la Tabla 1 se presentan las relaciones entre los compuestos químicos cafeína (Clifford 1985), trigonelina (Illy y Viani, 1995) y ácidos clorogénicos (Shankaranarayana y Abraham, 1986; Clifford, 1985), con algunas variables climáticas en el departamento

Variable	Cafeína	Trigonelina	Ácidos clorogénicos
Altitud (m)	-	+	
Rango temperatura diurna	+	-	
Temperatura media	+	-	+

Tabla 1.

Asociación de algunos compuestos químicos con variables climáticas para el Café de Nariño⁹.

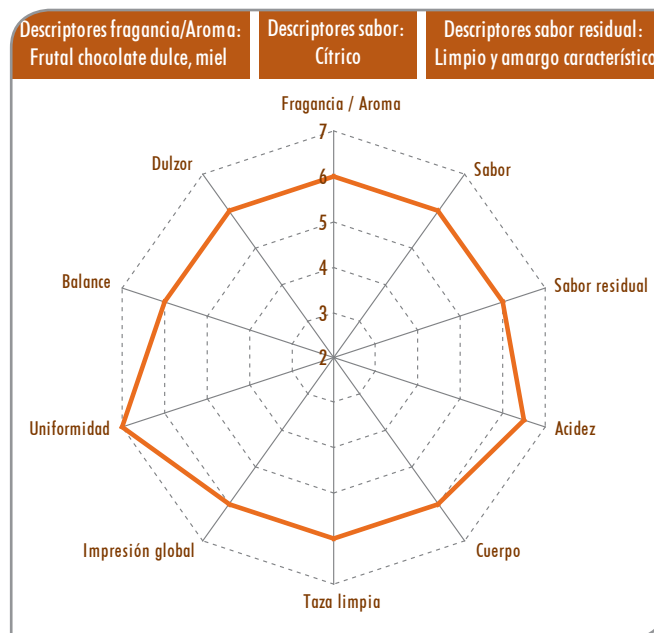


Figura 7.

Caracterización cualitativa descriptiva del perfil del Café de Nariño.

de Nariño. Estos tres compuestos juegan un papel importante en los atributos sensoriales de la bebida de café así:

- La cafeína participa en el amargo y cuerpo de la bebida.
- La trigonelina está asociada al amargo y es precursor de compuestos aromáticos durante el proceso de tuestión.
- Los contenidos de materia grasa han sido vinculados a cafés con buena acidez y preferencia (Decazy et al., 2003). Las mayores acumulaciones de materia grasa se han observado en cafés de zonas de mayor altitud.
- Los ácidos clorogénicos se han asociado con el sabor amargo y astringente de la bebida de café.

Los análisis permiten concluir la existencia de relaciones entre las características ambientales y los contenidos de compuestos químicos asociados a calidad como:

⁸ Perfil representativo del análisis sensorial de muestras obtenidas en el año 2006 al 2010. Proyecto DO. CONVENIO FOMIN-BID – FNC (CO-M1051)

⁹ Informe de progreso. Fase I, proyecto Denominación de origen Cauca, Nariño, 100 p. 2006

cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos, debido a la correlación de los compuestos mencionados con algunas de las variables climáticas como la altitud, el rango de temperatura diurna y la temperatura media, de donde proviene el Café de Nariño tiene una clara incidencia en la calidad del producto.

Nariño se caracteriza por ser una caficultura de altura y, por consiguiente, presenta temperaturas bajas comparadas con el resto de zonas cafeteras del país. En estas condiciones, el contenido de los precursores químicos: bajo contenido de cafeína, altos contenidos de trigonelina, ácidos clorogénicos y materia grasa (datos no mostrados), le imprimen un **perfil sensorial característico: sabor suave, acidez alta y aroma pronunciado**, este último se encuentra determinado por la acción conjunta de estos tres compuestos.

Esta composición química se deriva de los factores ambientales de la Zona Cafetera de Nariño, donde la altura promedio de producción se sitúa en los rangos más altos de la caficultura colombiana, y le imprime al café de la región **mayor acidez**, debido a que el ciclo de crecimiento y acumulación en el fruto, y en particular de reservas en el endospermo o almendra, se lleva a cabo de forma más lenta, de tal manera que el tipo y cantidad de azúcares, proteínas y aminoácidos libres difieren sensiblemente de los cafés cultivados en otras altitudes y con ofertas climáticas contrastantes.

Factores naturales y humanos que relacionan la especial calidad del Café de Nariño con la zona geográfica

Factores agroclimáticos

Debido a su situación geográfica, la Zona Cafetera de Nariño presenta diferentes topoclimas y microclimas que le confieren unas condiciones particulares adecuadas para el cultivo del café en cuanto a disponibilidad de agua, temperatura, radiación solar y régimen de vientos.

La cercanía a la línea ecuatorial y la influencia que ofrecen las cordilleras andinas impiden la llegada de vientos fuertes originados en sistemas atmosféricos tales como depresiones tropicales, huracanes o las circulaciones locales valle - montaña - valle, que causen al café daños de importancia económica.

La zona geográfica del Café de Nariño está primordialmente influenciada por las cuencas de los ríos Guaitará (occidente) y Juanambú (Norte), la gran cuenca del río Patía y las subcuencas del río Mayo y Juanambú. El río Patía en su curso hacia el océano Pacífico forma la Hoz de Minamá, una depresión en la cordillera que

genera eventos climáticos únicos en la Zona Cafetera de Nariño y los cuales influyen en la producción cafetera. Así mismo, los vientos alisios del sur también impactan la Zona Cafetera de Nariño de manera particular frente a las demás regiones cafeteras del país.

La caficultura de la zona está determinada por características particulares generadas por los microclimas, que a su vez están influenciados por los vientos cálidos y húmedos provenientes de los valles y el enfriamiento nocturno de las masas de aire por la cercanía a las grandes altitudes del macizo colombiano andino. Esto conlleva a que se mantenga una mayor condensación del vapor de agua en dichas masas, incrementando la humedad relativa, y manteniendo las temperaturas óptimas fisiológicas para el crecimiento y la producción del café a mayores altitudes superiores al promedio nacional.

Esta zona se caracteriza por sus marcadas variaciones tanto en altura como en temperatura. Es común encontrar que dentro de una misma finca se produzca café en alturas de hasta 200 m de diferencia. La información climática de la estación el Sauce, ubicada en el municipio de La Unión, departamento de Nariño (Latitud 1° 37' N y 77° 07' W ecotopo 220A), muestra que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas absolutas, tiene un rango de 19,3°C.

Esta amplitud se debe especialmente a bajas temperaturas durante la noche, las cuales han demostrado, en otros cultivos, tener una correlación positiva con la alta retención de ácidos y azúcares, que en el caso del café, son importantes para los atributos de acidez, dulzor y suavidad de la bebida.

Otro factor que permite producir café de gran altura es la cercanía a la línea ecuatorial, que hace que los cafetales reciban la radiación incidente del sol de forma perpendicular a lo largo del año. El brillo solar es de aproximadamente 1.620 horas de sol al año y la humedad relativa es del 80%. Los valores máximos de radiación solar se presentan en los meses de mayo a julio, época en la cual se está terminando la cosecha en esta región, permitiendo al caficultor utilizar al sol como fuente de energía para el secado del café.

Factores del suelo

En cuanto a los suelos de la Zona Cafetera de Nariño, se observa que las unidades de suelos son derivados de cenizas volcánicas, con diferentes grados de evolución, seguido por alfisoles, entisoles y algunos oxisoles. La zona de occidente rodea la base del cono volcánico del Galeras y la zona norte está alrededor del volcán Doña Juana.

Factores humanos y tradicionales en el proceso de producción

En la Zona Cafetera de Nariño, el café se cultiva en minifundios, lo que le permite al caficultor contar de manera eficaz con la mano de obra familiar y comunitaria para la mayor parte de las actividades del cultivo, lo que se refleja en el extremo cuidado en el proceso y los minuciosos controles de calidad que realiza el caficultor a diario. En efecto, de las más de 54.520 fincas que existen en la Zona Cafetera del Nariño, aproximadamente el 89% cuenta con un área igual o menor a 1,0 ha y aproximadamente el 10% se conforma de un área de entre 1,0 y 3,0 ha. Por el contrario, solo el 1% restante es de fincas que tienen más de 3 ha.



El reconocimiento del Café de Nariño como uno de los mejores del mundo por parte del sector pertinente, se ha visto influenciado por dos importantes aspectos, a saber: i) La labor promocional que desarrolla la Federación Nacional de Cafeteros; y ii) Los premios y destacadas posiciones que han obtenido los cafeteros de la región en los concursos promovidos por diferentes entidades internacionales comercializadoras de café.

Reputación del “Café de Nariño”

Esto se refleja en el número de marcas en el mercado que tiene el origen Nariño como una de sus líneas especiales, basado en la calidad intrínseca del producto, han conducido a que los consumidores internacionales demanden al Café de Nariño, al punto de encontrarse diferentes marcas que hacen énfasis en dicho origen en diferentes mercados, y diferentes esfuerzos, por parte del gremio productor, para defender la reputación alcanzada por su origen.

Entre las diferentes marcas que se destacan se encuentran:

- Juan Valdez: Café de Origen Nariño
- Starbucks: Nariño Supremo
- Nespresso: Sandoná (Municipio de Nariño)-edición Limitada
- Bucks County Co.: Colombia-Nariño Region
- The Coffee Bean & Tea Leaf: Colombia Nariño Dark Coffee.

Denominación de origen “Café de Cauca”¹⁰⁻¹¹

La denominación “**Café de Cauca**” ha sido la designada a la zona geográfica que comprende territorios de 29 municipios del departamento del Cauca. La zona geográfica definida, no incluye tres municipios del sur del Departamento: Bolívar, Mercaderes y Florencia, ya que éstos comparten una topografía y características climáticas de la zona geográfica del Café de Nariño (Samper et al., 2009; SIC, 2011).

El Mapa 2 ilustra el territorio geográfico y la totalidad de las fincas cafeteras de donde proviene el Café de Cauca, las cuales se encuentran inscritas en el Sistema de Información Cafetera-SIC@¹².

Delimitación geográfica

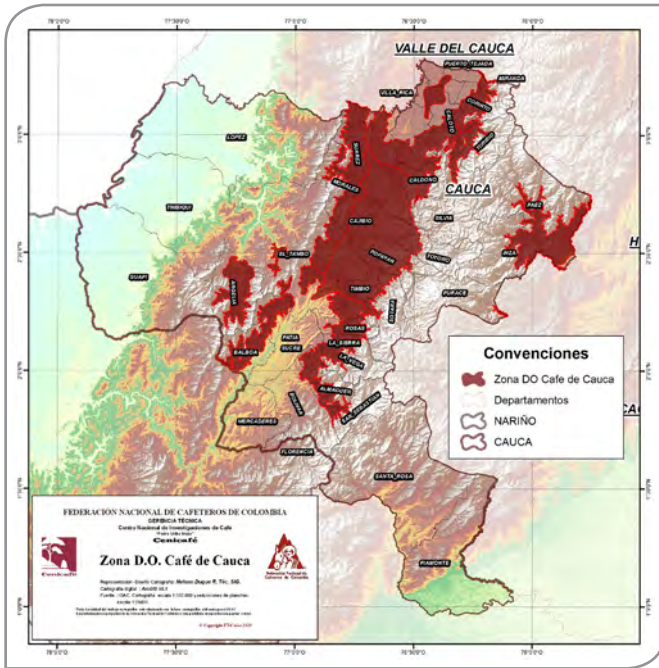
Para efectos de la denominación de origen Café de Cauca, se entiende la zona geográfica delimitada por los municipios de Popayán, Almaguer, Argelia, Balboa, Buenos Aires, Cajibío, Caldon, Caloto, Corinto, El Tambo, Inza, Jambaló, La Sierra, La Vega, Miranda, Morales, Páez (Belalcazar), Patía (El Bordo), Piendamó, Puracé, Rosas, San Sebastián, Santander, Sotará, Suárez, Sucre, Timbío, Toribío, Totoró, reconocidos como del departamento colombiano de Cauca, localizados entre los rangos 1° 41' y 3° 10' de latitud norte, y los 75° 58' y 77° 14' de longitud oeste, y altitud entre 1.100-2.100 m. Cabe destacar que la totalidad de la zona geográfica delimitada para el Café de Cauca (En adelante Zona Cafetera de Cauca) pertenece a la zona cafetera colombiana, dentro de los parámetros de altura, latitud y longitud descritos en la Resolución que confiere la protección de la Denominación de Origen “Café de Colombia”.

Para tener la debida sustentación de cuáles municipios del departamento del Cauca debían ser incluidos en la Zona Cafetera del Cauca se acudió en primera instancia a los estudios de los ecotopos cafeteros realizados por

¹⁰ Aportes de la resolución 41788 del 10 de agosto de 2011. De la SIC. Para mayor información consultar el vínculo: <http://cauca.cafedecolombia.com>

¹¹ Informe de progreso. Fase I, proyecto Denominación de origen Cauca, Nariño, 100 p. 2006

¹² Sistema de Información Cafetera año 2010.



Mapa 2.

Territorio geográfico de donde proviene el Café de Cauca objeto de la declaración.

la FNC. En dichos estudios, el área cafetera está dividida en agrupaciones similares por clima, suelo y relieve, permitiendo abordar el estudio regional de la caficultura.

Características sensoriales

La denominación de origen Café de Cauca corresponde a café arábigo lavado que crece en la zona de producción cafetera específica, definida en la delimitación geográfica, y que procesado se caracteriza por ser un café de **fragancia y aromas muy fuertes y acaramelados, y en taza presenta acidez alta, cuerpo medio, impresión global balanceada, limpia, suave con algunas notas dulces y florales**¹³.

En tal sentido, la presentación en términos objetivos y cuantitativos (Basada en escalas de valoración de análisis sensorial) del Café de Cauca se ilustra en el Figura 8. Esta descripción corresponde a información histórica de la Oficina de Calidades de Café de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y por estudios complementarios desarrollados a partir del año 2006.

Composición química

Los análisis permitieron concluir sobre la existencia de relaciones de causalidad entre las características

ambientales y los contenidos de compuestos químicos asociados a calidad como: Cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos. La existencia de índices de correlación de los compuestos mencionados con variables climáticas como son la altitud, el rango de temperatura diurna, la temperatura de punto de rocío, la lluvia y la temperatura media, permiten concluir que la oferta ambiental de donde proviene el Café de Cauca tiene una clara incidencia en la calidad del producto.

En la Tabla 2, se presentan las relaciones entre los compuestos químicos cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos con algunas variables climáticas en el departamento de Cauca.

Cauca se caracteriza por poseer una caficultura altamente influenciada por la temperatura. La zona cafetera del Cauca, ubicada en rangos de altura superiores al promedio nacional, es particularmente homogénea al estar rodeada de altas montañas que la aíslan de buena parte de los efectos climáticos que se generan en los valles interandinos. Por esta razón, en la zona cafetera de Cauca se presenta una gran diferencia en temperatura entre la noche y el día, denominada diferencial térmico, que puede alcanzar valores hasta de 12 °C y es uno de los mayores diferenciales encontrados comparado con el resto del país.

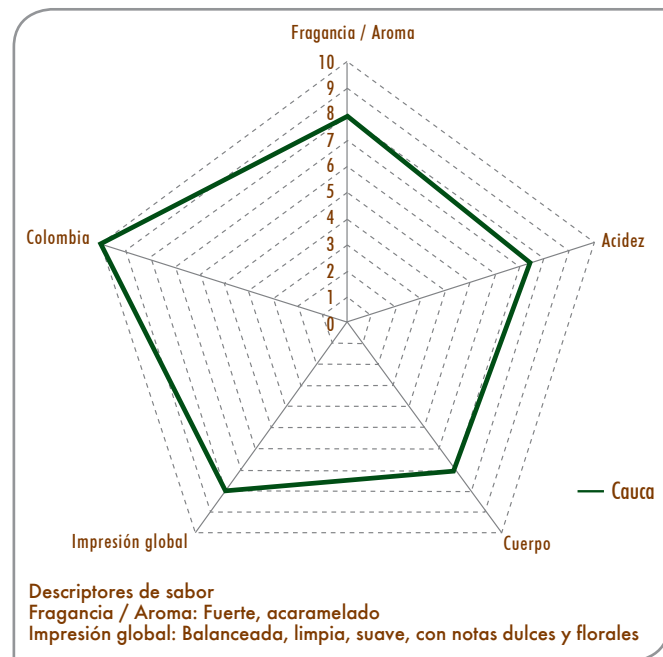


Figura 8.

Caracterización cualitativa descriptiva del perfil del Café de Cauca.

¹³ Perfil representativo del análisis sensorial de muestras obtenidas en el año 2006 al 2010. Proyecto D.O. CONVENIO FOMIN-BID – FNC (CO-M1051)

Las menores temperaturas en la noche afectan el metabolismo de la planta y en consecuencia afectan la forma como se desarrolla el fruto. En este sentido, el Café de Cauca se desarrolla más lentamente por las temperaturas menores que se observan en la noche, pero de forma más balanceada y consistente, al tiempo que la concentración de azúcares es mayor, generando las notas dulces que lo caracterizan. Así mismo, en el Café de Cauca se encuentra una mayor concentración de ácidos orgánicos, lípidos y sacarosa, entre otros, que generan una mayor acidez en la bebida. De esta forma se generan las condiciones para un balance entre las notas dulces y la acidez que caracterizan al Café de Cauca.

Adicionalmente, la interacción del azúcar con el efecto que en el fruto tienen unos suelos con un alto contenido de azufre, genera aromas acaramelados que hacen al Café de Cauca un café muy particular. En la Tabla 3, se presentan asociaciones entre un factor formador de clima (Altura sobre el nivel del mar) y los atributos sensoriales que describen el producto “Café de Cauca”.

La altura favorece el incremento de los atributos sensoriales del Café de Cauca, al encontrarse una asociación directa entre el aumento de la altura a la cual se produce el café y los atributos sensoriales medidos por el método cuantitativo descriptivo. Los ácidos clorogénicos tienen

una correlación negativa con los atributos sensoriales, excepto el aroma, mientras que la variable de suelo pH presenta asociación inversa con los atributos sensoriales excepto cuerpo y dulzor.

Las características del Café de Cauca, proveniente de los rangos de altitud entre 1.100 y 2.100m, de 29 municipios que conforman la zona cafetera de donde proviene el café de la Denominación de Origen Café de Cauca, localizados en la meseta de Popayán y en las vertientes oriental y occidental de las cordilleras Occidental y Central, comparten cualidades organolépticas derivadas de similares factores humanos, geográficos, de suelos y climáticos.

A través del análisis de huellas espectrales obtenidas utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano, también ha sido posible demostrar que los perfiles químicos del Café del Cauca son diferentes de los de regiones de producción cercanas (Figura 8). De esta forma ha sido posible probar, analizando variedades vegetales idénticas producidas en diferentes orígenes, que las diferencias de los perfiles de taza entre el Café de Cauca y el café de otros orígenes en Colombia, aun de aquellas cercanas geográficamente, se originan en el impacto del medio ambiente en una zona de producción delimitada. Esta diferenciación se establece por dos razones principales:

Variable	Cafeína	Trigonelina	Ácidos clorogénicos
Altitud (m)	-		+
Rango temperatura diurna	-		-
Temperatura media	+		-
Punto de rocío	+		-
Lluvia		-	
Rango temperatura día noche	-	-	-

Tabla 2.

Relaciones de algunos compuestos químicos con variables climáticas.¹⁴

Atributo	Altitud*	Ácidos clorogénicos	pH
Fragancia y aroma	+		-
Sabor	+	-	-
Sabor residual	+	-	-
Acidez	+	-	-
Cuerpo	+	-	
Balance	+		
Dulzor	+	-	
Taza limpia		-	-
Impresión global		-	-

Tabla 3.

Asociación entre atributos sensoriales y un factor formador de clima (Altura sobre el nivel del mar).

¹⁴ Informe de progreso. Fase I, proyecto Denominación de origen Cauca, Nariño, 100 p. 2006.

- Diferenciación en términos de la condición ambiental de las zonas cafeteras de cada departamento, a pesar de ubicarse en medio del sistema de cordilleras (Tanto Occidental como Central).
- Las diferencias geográficas existentes en términos de latitud y longitud y de oferta ambiental, lo que le imprime diferencias en el producto objeto de esta denominación.
- Igualmente, se ha demostrado que existen diferencias en los perfiles sensoriales medidos sobre la muestra de café utilizando el método cuantitativo descriptivo en los atributos acidez, sabor, cuerpo, impresión global y aroma.
- Factores naturales y humanos que relacionan la especial calidad del Café de Cauca con la zona geográfica.

Factores agroclimáticos

Debido a su situación geográfica, en donde una gran proporción de las plantaciones de café en el Cauca se encuentran en la llamada “meseta caucana”, la zona cafetera del departamento se caracteriza por presentar condiciones ambientales bastante similares. Es así como gracias a la protección de las cordilleras circundantes se generan las condiciones para un microclima, a 1.800 m de altitud.

La Zona Cafetera del Cauca se encuentra en un rango de altitud de 1.100 a 2.100 m, con un promedio de temperatura anual de 22 °C con un mínimo de 16,8 °C y un rango diario de entre 9,5 y 11,5 °C. Debido a las grandes diferencias en temperaturas entre el día y la noche el Café de Cauca se desarrolla más lentamente, lo cual afecta la forma como se acumulan los ácidos y los compuestos químicos. Estas características hacen del Café de Cauca un café balanceado y le imprimen características de alta acidez, cuerpo medio y unas notas dulces muy particulares.

En la Tabla 4 se presentan de forma discriminada los valores de nueve variables ambientales que caracterizan la zona cafetera del departamento del Cauca.

Factores de suelo

La zona cafetera del departamento se caracteriza por la presencia de suelos volcánicos. En este sentido, la interacción entre las características del suelo que ayudan a que proteínas ricas en azufre se combinen con los azúcares que acumulan las plantas del Café de Cauca, generan los aromas acaramelados característicos del café objeto de la protección.

Factores humanos y tradicionales en el proceso de producción



El café es el principal producto agrícola del departamento del Cauca. Su producción se lleva a cabo en el 76% de los municipios del departamento, y es efectuada por más de 85 mil familias. De esta manera, cerca de 360 mil personas dependen directamente del café, es decir, el 52% de la población rural de los municipios cafeteros.

Una de las características más destacadas con relación a las regiones productoras de café en el país es el sistema de tenencia de la tierra, el cual está sustentado en la producción parcelaria.

Variable	Promedio	Mínimo	Mediana	Máximo
Altitud (m)	1.758	1.373	1.781	2.088
Pendiente (Grados)	112	1	11	34
Orientación de la ladera respecto al sol (Grados)	177	1	185	359
Lluvia (mm)	2.069	1.580	2.170	2.575
Meses secos por año	2	0	2	4
Rango de temperatura diurna (°C)	10,8	9,5	11,0	11,4
Punto de rocío (°C)	12,5	11,0	12,3	15,0
Temperatura media (°C)	18,5	16,8	18,2	21,6
Radiación solar (MJ.m ² .día ⁻¹)*	24,4	19,0	25,0	25,0

Tabla 4.

Variables ambientales que describen la zona cafetera del departamento de Cauca. *Léase Mega Julios por metro cuadrado por día, (Fuente: FNC).

Así, la actividad cafetera del departamento del Cauca se lleva a cabo en pequeñas explotaciones, cuyo tamaño promedio es de 2,9 ha, de las cuales apenas 0,8 ha en promedio son destinadas a la producción del grano.

La Zona Cafetera del Cauca es una de las regiones más diversas étnica y culturalmente de Colombia y está poblada al nororiente por comunidades indígenas (Incluyendo parte de Macizo Colombiano); el centro y sur por indígenas-campesinos y por colonos; y el valle del Patía y el norte del departamento, por población predominantemente afroamericana.

Del total de habitantes del departamento, el 36% de la población vive en las cabeceras municipales y el 64% de la población habita de manera dispersa, en las áreas rurales. En el 56% de los municipios que conforman el departamento hay presencia de pueblos indígenas. El Cauca alberga alrededor del 26% de la población indígena colombiana y se constituye en el departamento de mayor concentración de indígenas a nivel nacional, asentados en 86 resguardos, de un total de 549 constituidos en el país, pertenecientes a los siguientes grupos étnicos: Nasa o Páez, Guambiano, Coconuco, Yanacona, Inga, Embera, Eperara, Siapidara, Totoró, Guanaca, y dos pueblos indígenas: Pubenenses y Ambalueños, los cuales conservan, en diferentes niveles, sus costumbres y tradiciones y sobre todo mantienen el régimen comunal de resguardo y gobierno propio (Cabildo).

Producción y procesamiento del producto

La producción y procesamiento del producto corresponde a la descrita para el Café de Colombia en la solicitud de protección de esta denominación de origen. Dentro de esta zona geográfica tiene ocasión el cultivo, cosecha, beneficio y secado del café hasta su estado pergamino. La tostión u otro tipo de procesamiento ulterior al producto pueden ocurrir en otras regiones, sin que se afecten las características esenciales del producto.

Reputación del “Café de Cauca”

El reconocimiento del Café de Cauca como uno de los mejores del mundo por parte del sector pertinente, se ha visto influenciado por dos importantes aspectos: i) La labor promocional que desarrolla la Federación Nacional de Cafeteros; y ii) Los premios y destacadas posiciones que han obtenido los cafeteros de la región en los concursos promovidos por diferentes entidades internacionales comercializadoras de café. Esto se ve reflejado en el gran

número de marcas en el mercado que tiene el origen Cauca como una de sus líneas especiales. Los anteriores esfuerzos, que se basan indudablemente en la calidad intrínseca del producto, han conducido a que los consumidores internacionales demanden al Café de Cauca, al punto de encontrarse diferentes marcas que hacen énfasis en dicho origen en diferentes mercados y diferentes esfuerzos, por parte del gremio productor, para defender la reputación alcanzada por su origen.

Entre las diferentes marcas que se destacan se encuentran:

- Green Mountain Coffee: Colombia Supremo Popayán
- Jacques Vabre: Popayan Colombie
- Sweet Maria's: Colombia Cauca Oro Suárez
- Green Mountain Coffee: Special reserve Colombia Flor de Cauca
- Grand Cru Café – Mi cafeto

Denominación de origen “Café del Huila”¹⁵⁻¹⁶

Ante la Superintendencia de Industria y Comercio se solicitó en el año 2011, la Denominación de Origen **Café del Huila** para amparar el café arábigo lavado suave que crece en la zona de producción cafetera específica del departamento de Huila y que procesado, se caracteriza sensorialmente por poseer una **impresión global balanceada, con notas dulces, acidez y cuerpo medio/alto, fragancia/aroma intenso con sensaciones frutales y acarameladas, que junto con la suavidad y limpieza propias del café de Colombia, lo hacen particular.**

Las características del café proveniente de los rangos de altitud entre 1.048 y 2.148 m, de las áreas de 35 municipios del departamento del Huila, que conforman la zona cafetera de la Denominación de Origen solicitada Café del Huila, localizados en las laderas del Macizo Colombiano y en las vertientes de las cordilleras Central y Oriental, comparten cualidades organolépticas derivadas de factores humanos y medioambientales.

Zona designada

La Denominación “Café del Huila” designa a la zona geográfica que comprende 35 de los 37 municipios del departamento del Huila, a excepción de los municipios de Villavieja y Yaguará, los cuales se encuentran ubicados en la zona del Valle del río Magdalena y no

¹⁵ Apartes del pliego de Solicitud de Denominación de Origen del Café del Huila, sometido a la Superintendencia de Industria y Comercio.

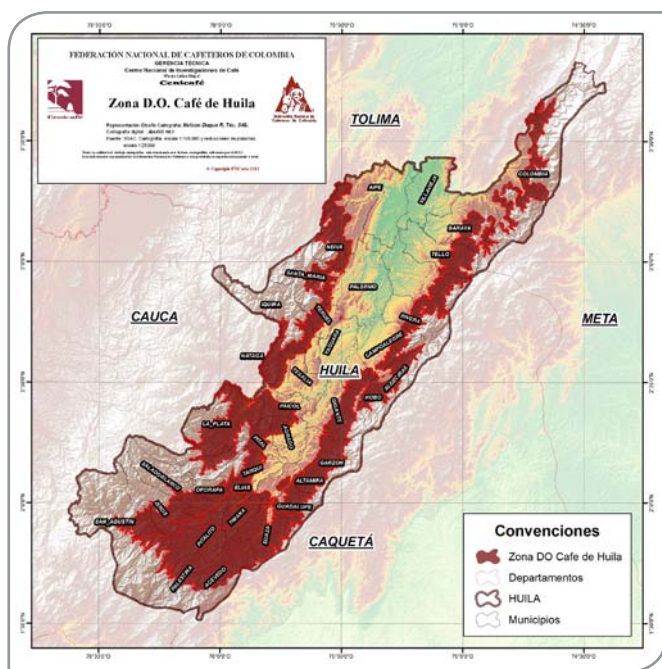
¹⁶ Denominación de Origen reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio mediante resolución 17989 de abril 16 de 2013.

reportan áreas cafeteras en el Sistema de Información cafetera -SIC@¹⁷. El Mapa 3 ilustra el territorio geográfico y la totalidad de las fincas cafeteras de donde proviene el Café del Huila.

Delimitación geográfica

Para efectos de la Denominación de Origen Café del Huila, es la zona geográfica que cubre los municipios de Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Iquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nataga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Rivera, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarqui, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná. Dichos municipios hacen parte del departamento colombiano del Huila y están localizados entre los rangos 1° 33' y 3° 42' de latitud Norte, y los 74° 26' y 76° 35' de longitud Oeste.

La totalidad de la zona geográfica delimitada para el Café del Huila se encuentra circunscrita dentro de la división política del departamento del Huila, y los municipios descritos pertenecen a la Zona Cafetera Colombiana, dentro de los parámetros de altura, latitud y longitud



Mapa 3.

Territorio geográfico de donde proviene el Café del Huila objeto de la solicitud de declaratoria.

descritos en la Resolución que confiere la protección de la Denominación de Origen Café de Colombia, reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio mediante Resolución 4819 de 2005, y a la Indicación Geográfica Protegida Café de Colombia en la Unión Europea mediante Reglamento (CE) No 1050/2007 de la Unión Europea.

Características sensoriales

Corresponde a café arábigo lavado, que crece en la zona de producción cafetera específica definida en la delimitación geográfica y que procesado, se caracteriza por ser un café de **impresión global balanceada, con notas dulces, acidez y cuerpo medio/alto, fragancia/aroma intenso con sensaciones frutales y acarameladas**¹⁸.

En la Figura 9 se presenta el perfil representativo de las características sensoriales del Café del Huila.

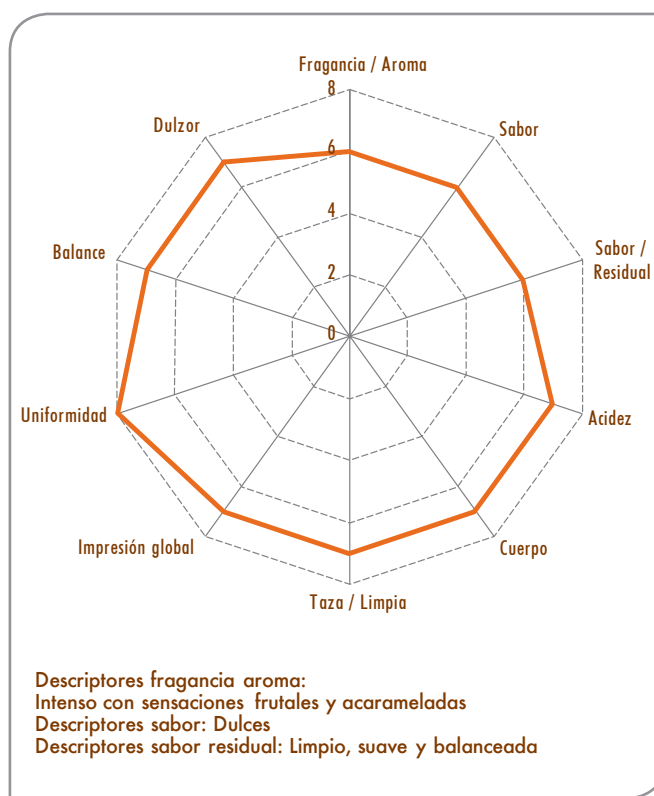


Figura 9.

Caracterización cualitativa descriptiva del perfil representativo para el Café del Huila.

¹⁷ Sistema de Información Cafetera - SIC@ año 2011.

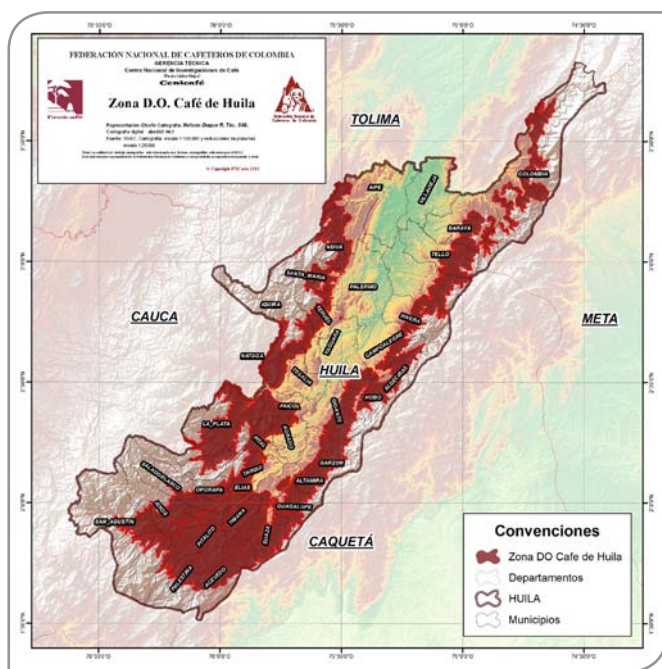
¹⁸ Perfil representativo del análisis sensorial de muestras obtenidas en el año 2007 al 2010. Proyecto DO. CONVENIO FOMIN-BID – FNC (CO-M1051)

reportan áreas cafeteras en el Sistema de Información cafetera -SIC@¹⁷. El Mapa 3 ilustra el territorio geográfico y la totalidad de las fincas cafeteras de donde proviene el Café del Huila.

Delimitación geográfica

Para efectos de la Denominación de Origen Café del Huila, es la zona geográfica que cubre los municipios de Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Iquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nataga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Rivera, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarqui, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná. Dichos municipios hacen parte del departamento colombiano del Huila y están localizados entre los rangos 1° 33' y 3° 42' de latitud Norte, y los 74° 26' y 76° 35' de longitud Oeste.

La totalidad de la zona geográfica delimitada para el Café del Huila se encuentra circunscrita dentro de la división política del departamento del Huila, y los municipios descritos pertenecen a la Zona Cafetera Colombiana, dentro de los parámetros de altura, latitud y longitud



Mapa 3.

Territorio geográfico de donde proviene el Café del Huila objeto de la solicitud de declaratoria.

descritos en la Resolución que confiere la protección de la Denominación de Origen Café de Colombia, reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio mediante Resolución 4819 de 2005, y a la Indicación Geográfica Protegida Café de Colombia en la Unión Europea mediante Reglamento (CE) No 1050/2007 de la Unión Europea.

Características sensoriales

Corresponde a café arábigo lavado, que crece en la zona de producción cafetera específica definida en la delimitación geográfica y que procesado, se caracteriza por ser un café de **impresión global balanceada, con notas dulces, acidez y cuerpo medio/alto, fragancia/aroma intenso con sensaciones frutales y acarameladas**¹⁸.

En la Figura 9 se presenta el perfil representativo de las características sensoriales del Café del Huila.

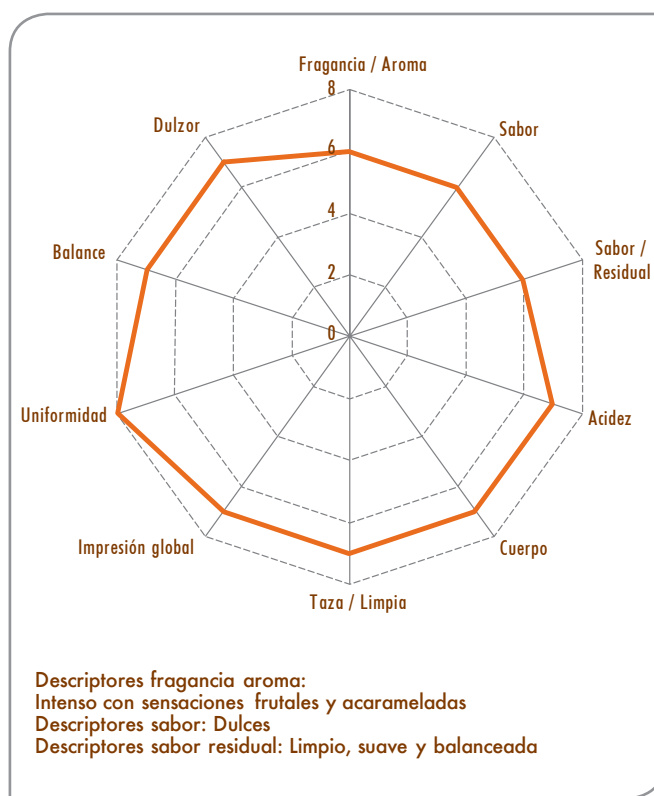


Figura 9.

Caracterización cualitativa descriptiva del perfil representativo para el Café del Huila.

¹⁷ Sistema de Información Cafetera - SIC@ año 2011.

¹⁸ Perfil representativo del análisis sensorial de muestras obtenidas en el año 2007 al 2010. Proyecto DO. CONVENIO FOMIN-BID – FNC (CO-M1051)

Composición química

En el caso del Café del Huila, los contenidos químicos de cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, lípidos y sacarosa, asociados a la calidad y su variación, evidencian relaciones con las características organolépticas de la bebida¹⁹.

Tabla 5.

Variación de la composición química del Café del Huila para 16 compuestos asociados a la calidad del café.

Variable	Mínimo	Promedio	Máximo
Cafeína	0,92	1,29	1,64
Trigonelina	0,72	1,00	1,68
Lípidos	12,08	15,94	20,52
Ácido palmítico	26,67	36,22	54,93
Ácido esteárico	4,59	7,89	11,13
Ácido oleico	1,13	8,80	15,44
Ácido linoléico	29,15	39,00	45,72
Ácido linolénico	0,71	1,30	1,84
Ácido araquídico	1,52	3,03	4,68
Ácido behénico	0,38	0,82	1,19
Isómero 3cqa	0,15	0,30	0,49
Isómero 4cqa	-0,08	0,30	0,78
Isómero 5cqa	1,76	3,19	4,30
Cqa Total	3,85	4,87	7,49
Sacarosa	3,05	4,90	7,04
Ácido clorogénico	3,57	4,47	6,93

En la Tabla 5 se presentan los valores de contenidos químicos de 16 compuestos asociados a la calidad del café producido en la Zona Cafetera del Huila. Estos valores corresponden exclusivamente a la especie *Coffea arabica*, y de las variedades sembradas en la zona de estudio y recomendadas por Cenicafe: Entre ellas Caturra, Típica, Borbón, Maragogipe, San Bernardo, Tabi, Colombia, Castillo® y otras variedades de la especie que cumplen con el perfil para la zona (Castillo, 1959; Castillo, 1960; Moreno, 2002; Castillo y Moreno, 1988; Alvarado et al., 2005).

Las relaciones entre los contenidos de compuestos químicos y las variables de clima para el Café del Huila son positivas principalmente con la temperatura media, el rango de la temperatura diurna y los meses de menor precipitación que se presentan en enero, febrero, julio y agosto (Tabla 6).

Desde el punto de vista de la causalidad, son las menores temperaturas, correlacionadas con el bajo número de horas luz “brillo solar”, característico de la zona de estudio, lo que favorece la acumulación de la fracción lipídica, trigonelina, e isómeros mayoritarios de la familia de ácidos clorogénicos (3CQA, CQA y 5CQA).

Para las condiciones del Café del Huila, las relaciones de causalidad entre compuesto químicos como precursores se asocian con atributos sensoriales, donde los compuestos químicos que presentaron relaciones de causalidad negativa con el puntaje final en taza, fueron los compuestos cafeína, y los ácidos grasos esteárico, oleico y behénico, mientras que los ácidos grasos palmítico, linolénico y los ácidos clorogénicos, y los 3, 4 y 5 CQA y CQA totales se asociaron de manera positiva, motivando un incremento en el puntaje final del análisis sensorial (Tabla 6).

Compuesto químico	Temperatura promedio	Brillo solar	Punto rocío	Lluvia	Temperatura diurna	Meses secos	Altura
Cafeína				-	-		
Trigonelina		-					
Lípidos		-					+
A. linolénico	+		+				-
3cqa	+	-	+		+	+	
4cqa						+	
5cqa	+	-			+	+	
Cqatotal		-			+	+	
Sacarosa	+				+	+	

Tabla 6.

Relaciones de causalidad de compuestos químicos con variables climáticas en la Zona Cafetera del Huila.

¹⁹ Federación Nacional de cafeteros de Colombia.

http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/clasificaciones_de_calidad/

La fracción lipídica correspondiente a los contenidos de los ácidos grasos saturados (Ácido palmítico) e insaturados (Ácido oleico), ácido linoléico, ácido linolénico y al balance o relación entre éstos, presentaron un aporte positivo en los atributos sensoriales, principalmente acidez; adicionalmente, los contenidos de ácidos clorogénicos y los principales isómeros de esta familia, los cuales con un contenido promedio bajo de 4,5% favorecen los atributos ligados al sabor (Tabla 7).

El contenido lipídico representado en los ácidos grasos ha sido identificado como precursor positivo en los sabores presentes en el café tostado; a pesar de los cambios químicos que ocurren en el grano de café durante el proceso de tueste, la fracción lipídica se mantiene estable y con pocos cambios, evento que ayuda a proteger la degradación de aquellos compuestos que son responsables del aroma. El Café del Huila presenta altos contenidos de la fracción lipídica, lo cual explica sus atributos favorables y diferenciadores.

Factores naturales y humanos que relacionan la especial calidad del Café del Huila con la zona geográfica

Factores agroclimáticos

El clima del departamento del Huila está influido por las cordilleras y el valle del río Magdalena. Tanto en la región del Macizo Colombiano como en el alto Magdalena la

temperatura puede variar de acuerdo con la altitud y el relieve de cada lugar, alterada por los vientos y las lluvias. Los períodos de lluvia son en los meses de abril, mayo, y de octubre a diciembre; el resto del año se considera como época seca, aun cuando se presentan lluvias esporádicas.

Es de anotar que ésta es la única región del país con mayor influencia del río Magdalena, en donde el valle que conforma dicho río y que da origen a partir del Macizo Colombiano a las cordilleras Oriental y Central, apenas alcanza, en su punto más ancho, unos 55 km en los municipios de Aipe y Colombia, al norte del departamento, y 20 km entre los municipios de Oporapa y Timaná al sur.

La precipitación varía entre 1.300 y 1.640 mm al año, con dos meses secos, en cada año, en el período comprendido entre julio y agosto. La humedad relativa, varía entre el 75% y el 83%. El brillo solar oscila entre 1.200 y 1.250 horas al año.

La cosecha principal del Café del Huila comprende dos períodos bien diferenciados, la primera cosecha se presenta en los meses de marzo a junio, y la segunda época entre los meses de agosto a diciembre. El Café del Huila se cosecha y recoge de manera selectiva, con el objeto de recoger los frutos que se encuentren en estado óptimo de maduración. Esta selección de los frutos maduros de café resulta de vital importancia, pues influye en la preservación de las características del producto en etapas posteriores, y se presenta con un particular esmero, dados los procesos culturales asociados con la recolección.

Variables	Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Balance	Taza limpia	Dulzor	Impresión global	Puntaje final
Cafeína	-									-
Trigonelina				-	+		+	-		
Lípidos totales										
Ácido palmítico	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Ácido esteárico				-			-			-
Ácido oleico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido linoleico	-			+				+		
Ácido linolénico	+			+						+
Ácido araquídico								-		
Ácido behénico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isómero 3 cqa		+	+		+	+	+		+	+
Isómero 4 cqa	+	+	+		+	+	+		+	+
Isómero 5 cqa	+	+	+		+	+	+		+	+
Cqa total	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ácido clorogénico	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 7.

Relaciones de causalidad de compuestos químicos con atributos sensoriales del Café del Huila.

Es de resaltar que la zona cafetera del Huila se ve influenciada por el efecto Foehn, el cual se produce en relieves montañosos cuando una masa de aire cálido y húmedo es forzada a ascender para salvar ese obstáculo, lo cual provoca que el vapor de agua se enfríe y sufra un proceso de condensación, precipitándose en las laderas de la cordillera Oriental vertiente oriental, mientras que en las laderas occidentales, donde se forman nubes estables que forman una especie de “techo”, en el que los contrastes de temperatura pueden ser muy fuertes con una variación de altura muy escasa (Jaramillo, 2005; Jaramillo, 2007).

La alta nubosidad determina un menor número de horas de brillo solar, condición que reduce las fluctuaciones entre las temperaturas diurnas y las máximas y mínimas. Esta homogeneidad en pocas variaciones en temperatura influyen de manera positiva tanto la acumulación de compuestos químicos, en especial los ácidos clorogénicos y los isómeros más representativos, los cuales se acumulan en el fruto, esto favorece las características de la taza en términos de uniformidad.

Factores del suelo

Para la Cordillera Central, vertiente oriental, las principales zonas con cubrimiento de cenizas volcánicas son los municipios de San Agustín, San José de Isnos, Saladoblanco, Oporapa, La Argentina, La Plata y parte de Pitalito. Dentro de esta cordillera, la formación de suelos de origen sedimentario se ubica principalmente hacia su base, depósitos de piedemonte, cuencas de la red hidrográfica, la cual cubre el valle del río Magdalena. Dentro de la cordillera Oriental - vertiente occidental, la Zona Cafetera del Huila presenta áreas de materiales ígneos consolidados, de naturaleza principalmente granítica, especialmente en los municipios de Gigante, Garzón y Algeciras; este tipo de suelos se han clasificado como Unidad San Simón y Guadalupe.

Factores humanos y tradicionales

La caficultura huilense se caracteriza principalmente por su uniformidad cultural y pujanza, valores que por décadas han contribuido a sobrepasar las barreras geográficas características de la topografía de cordillera.

La calidad es para el cafetero huilense una doctrina de vida y como tal una cultura que se debe generar y consolidar, ya que no solo hace referencia al producto sino a todos los aspectos relacionados con la vida del cafetero y su familia en los temas sociales, de su finca como empresa y del medio ambiente.

Reputación del Café del Huila

El Café del Huila goza de una combinación de atributos que lo hacen merecedor de su protección como Denominación de Origen Protegida. Estos atributos tienen su origen en factores naturales y humanos, en factores institucionales que han permitido desarrollar instancias de asesoría y control de calidad así como los elementos que permiten desarrollar instrumentos de trazabilidad de producto y que, por último, han contribuido a forjar una reputación para el Café del Huila.

Dentro del reconocimiento del Café del Huila se destacan los premios y posiciones que han obtenido los cafeteros de la región en los concursos promovidos por diferentes entidades internacionales comercializadoras de café. Esto se ve reflejado en el gran número de marcas en el mercado que tiene el origen Huila como una de sus líneas especiales, entre las que se encuentran:

- Juan Valdez: Café de Origen Huila
- The Roasterie: Pitalito (Huila) Estate of Colombia
- Coffee Resources: Cóndor Huila San Agustín
- Fratello Coffee: Colombian Huila Suaza
- Cafés el Magnífico: Colombia Huila

Autenticidad del Café de Colombia y su huella dactilar

En los últimos años, se han buscado métodos y estrategias para proteger el origen y la autenticidad del café de Colombia comercializado en el exterior y herramientas de protección para garantizar la calidad del café adquirido por procesadores, comercializadores y consumidores de café en todo el mundo (Pérez, 2010).

En café, algunos compuestos químicos sirven como indicadores de presencia de café de otras especies, entre ellos robusta, debido a que el grano de café robusta presenta 2,2% de cafeína, mientras que la variedad arábica contiene 1,2% de este alcaloide. El contenido de lípidos en el café arábica varía del 16% al 18%, entre el grano verde a tostado, mientras que en robusta es del 10% al 11%, el café robusta contiene mayor cantidad de aminoácidos libres y de ácidos clorogénicos en el grano verde, así como mayor contenido de pirazinas y fenoles en el grano tostado que los cafés arábica, mientras que el café arábica contiene más sacarosa y maltol en el grano tostado. Estas especies también difieren en el contenido de varios mono y disacáridos y en otros compuestos que determinan el aroma del café, como pirroles, piridinas, tiazoles y derivados de furanos (Puerta, 2008).

Otro compuesto químico de gran importancia es el diterpeno-16-O-methylcafestol, compuesto presente sólo en los cafés robusta, (Clifford, 1985, 1986; Speer et al., 1991), dicho compuesto es cuantificado con éxito por medio de la técnica de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC). Esta sustancia se mantiene estable durante el proceso de tostado, por lo que es un indicador útil para detectar la presencia de granos de robusta, tanto en muestras de café verde como café tostado y solubles.



A pesar del éxito mostrado por muchos de estos enfoques de cuantificación química, es importante tener en cuenta que una desventaja de este tipo de análisis es que requiere mucho tiempo, la preparación de las muestras demanda procedimientos exhaustivos y costosos, ya que se necesitan reactivos químicos para los procesos de las muestras, y los resultados no son inmediatos para objetivos de implementación de control de calidad y autenticidad.

Por esta razón, surgió la necesidad de encontrar métodos simples, rápidos y fiables para hacer frente a los problemas alimentarios de autenticación de productos, por lo tanto se ha avanzado en la búsqueda de técnicas que ofrezcan dichas ventajas, una de ellas es la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), la cual ha demostrado que es una técnica útil, rápida, no invasiva y fiable para el análisis de una amplia gama de productos alimenticios, incluyendo café (Santos et al., 2012; Kemsley et al., 1995; Díez et al., 2007; Pizarro et al., 2007).

La técnica NIRS en combinación con análisis quimiométricos, están siendo utilizados como herramientas para caracterizar la huella espectral de muestras de café verde y tostado de origen puro Colombia, con el fin de encontrar un modelo para diferenciar el Café de Colombia frente a los demás cafés, e incluso dentro de Colombia.

Autenticación y huella dactilar química del Café de Colombia

Usando la técnica NIRS en combinación con estadística multivariada, para la detección de adulteraciones del café Arábica de Colombia, se desarrolló un método de cuantificación del diterpeno 16 OMC. Se encontró que las muestras de café arábica colombiano no presentan contenidos de dicho compuesto, y a medida que se incrementan los porcentajes de adulteración, dicho compuesto se comporta de manera aditiva; con estos resultados, se pueden evaluar marcas de café comercial que se encuentren dentro del programa 100% Café de Colombia.

Adicionalmente al utilizar la técnica con bases de datos de departamentos del país en café verde, se logró identificar la procedencia, con porcentaje de clasificaciones correctas superiores al 87%. Dichos resultados permiten determinar que es posible la identificación de su procedencia en función de la huella dactilar química. En este sentido, se muestran tres ejemplos de las denominaciones de origen aquí mencionadas.

Autenticación y huella dactilar química del Café de Nariño y Cauca

Las características ambientales y geográficas encontradas son propias de la zona cafetera de donde proviene el Café de Cauca y el Café de Nariño, y el efecto de la calidad sensorial de la bebida está claramente influenciado por la composición química, la cual se deriva de la oferta ambiental de la zona cafetera de cada departamento, de la especie y variedades de café utilizadas y de las prácticas de beneficio y procesamiento tradicional que distinguen el Café de Colombia.

Los trabajos con la tecnología NIRS y el análisis de esta información, permitieron establecer que el Café de Cauca y el Café de Nariño se diferencian en su huella espectral (Huella química), lo que también lo hacen auténticos y únicos (Figura 10).

Pudo establecerse que una pequeña cantidad de espectros procedentes del sur de Cauca (Municipios de Mercaderes, Florencia y Bolívar) presentaba el mismo comportamiento espectral que los municipios del norte de Nariño, los cuales llevaron a concluir que a pesar que la División Política, la división fisiográfica del territorio no es igual. Para dirimir dicha

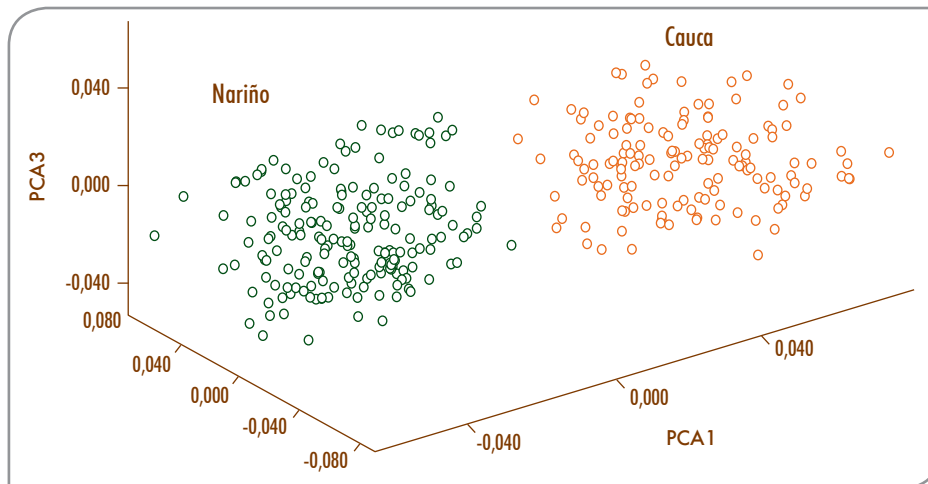


Figura 10.

Representación del perfil químico del Café verde de Nariño y Cauca.

situación entre los Comités Departamentales de Cafeteros de Cauca y Nariño, se estableció que dichos municipios cafeteros (Mercaderes, Florencia y Bolívar) entrarían a hacer parte de la **Denominación de Origen Nariño**.

Por lo tanto, las características ambientales y geográficas encontradas son propias de la zona cafetera de donde proviene el Café de Cauca y el Café de Nariño, y el efecto de la calidad sensorial de la bebida está claramente influenciado por la composición química, la cual se deriva de la oferta ambiental de la zona cafetera de cada departamento, de la especie y variedades de café utilizadas y de las prácticas de beneficio y procesamiento tradicional que distinguen el Café de Colombia (Figura 11).

Autenticación y huella dactilar química del Café del Huila

A través del análisis de huellas espectrales obtenidas con la técnica NIRS (Figura 12), ha sido posible demostrar que los perfiles químicos del Café del Huila son diferentes de las regiones de producción cercanas (Tolima, Cauca y Nariño).

Igualmente, se ha probado que analizando las mismas variedades vegetales producidas en diferentes orígenes, que las diferencias de los perfiles químicos entre el Café del Huila y el café de otros orígenes en Colombia, se originan en el impacto del medio ambiente, en la zona de producción delimitada en el Café del Huila; por lo tanto, **un café de una misma variedad, sembrado en lugares diferentes, tiene una composición química distinta, lo que implica que el origen del café tiene un peso muy importante en la calidad final de la bebida.**

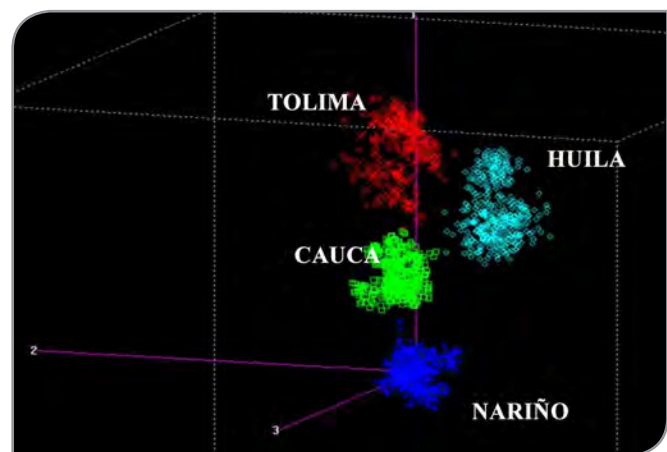


Figura 11.

Representación del perfil químico de los cafés de Cauca, Huila, Tolima y Nariño.

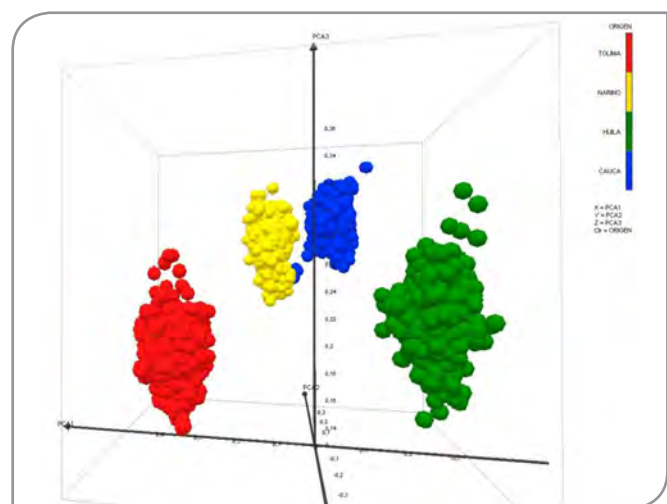


Figura 12.

Perfil espectral NIRS del Café del Huila con referencia a otros orígenes dentro de Colombia.

Recomendaciones prácticas

- La construcción de reputación y valoración de la calidad del Café de Colombia es un proceso que se ha elaborado a lo largo de los últimos años en Colombia; para esto se han implementado diferentes estrategias, que han permitido caracterizar la calidad del café y desarrollar herramientas de protección del Café de Colombia y las versiones regionales. Los resultados se resumen en la implementación del uso de Marcas, Marcas de Certificación, Indicaciones Geográficas y Denominaciones de Origen Protegidas, así como la implementación y el manejo de éstas dentro de la Institucionalidad Cafetera.
- La diversidad en las zonas agroecológicas donde se produce café en Colombia ha permitido una pluralidad y segmentación en la oferta de café, esto atribuido especialmente a los suelos, el clima y los aspectos culturales, especialmente en regiones como Cauca, Nariño y Huila, que a la fecha han obtenido la certificación de Denominación de Origen, lo cual se convierte en un instrumento de defensa y una herramienta para la captura de valor agregado.
- La Federación Nacional de Cafeteros continuará con el proceso de caracterización de la calidad del café de las diferentes regiones del país, como pilar de la estrategia de capturar mayor valor a la oferta de café a través de las Denominaciones de Origen, en donde se vincule la calidad con cada una de las diferentes regiones cafeteras del país.

Literatura citada

- ALOMAR, D.; FUCHSLOCHER, R. *Fundamentos de la espectroscopia de reflectancia en el infrarojo cercano (NIRS) como método de análisis de forrajes*. *Agro sur*, vol. 26, no.1, p.88-104. 1998.
- ALVARADO A., G.; POSADA S., H.E.; CORTINA G., H.A. *Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. Chinchiná : CENICAFE*, 8 p. (Avances Técnicos No. 337). 2005.
- ALVES, M.; CASAL, S.; OLIVEIRA, M.; FERREIRA, M. *Contribution of FA profile obtained by High-Resolution GC/Chemometric Techniques to the Authenticity of green and roasted coffee varieties*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Volume 80, Issue 6 , pp 511-517. 2003.
- ALVES R.C.; CASAL S.; ALVES M.R.; OLIVEIRA M.B., *Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles*, *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 1, Pages 295-299, 2009.
- ANDERSON KA, SMITH BW. *Chemical profiling to differentiate geographic growing origins of coffee*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(7):2068-2075. 2002.
- ANDRADE, P. B., LEITÃO, R., SEABRA, R. M., OLIVEIRA, M. B., & FERREIRA, M. A. 3, 4-Dimethoxycinnamic acid levels as a tool for differentiation of *Coffea canephora* var. *robusta* and *Coffea arabica*. *Food chemistry*, 61(4), 511-514. 1998.
- ARANA, V. A. *Desarrollado la validación de una técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para la cuantificación de cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos en muestras de café verde*. En: *Informe proyecto de Genoma "Introgresión vs calidad"*. Chinchiná: Cenicafé, 120 p. 2005.
- AVELINO J., PERRIOT J.J., GUYOT B., PINEDA C., DECAZY B., CILAS C. In : *Recherche et caféiculture*. Montpellier : CIRAD-CP, p. 6-16. (Plantations, recherche, développement, Mai). 2002.
- BICCHI, C.P.; OMBRETTA, M.P.; PELLEGRINO, G.M.; VANNI, A.C.. *Characterization of roasted coffee and coffee beverages by solid phase microextraction – gas chromatography and principal component analysis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45(12):4680. 1997
- CARRERA F., M.; LEON-CAMACHO F. PABLOS, A.G. GONZÁLEZ. *Authentication of green coffee varieties according to their sterolic profile*. *Analytica chimica acta* Volume 370, Issues 2–3, 7, Pages 131–139. September 1998.
- CASAL S, M. RUI ALVES, EULÁLIA MENDES, M. BEATRIZ P. P. OLIVEIRA, MARGARIDA A. FERREIRA. *Discrimination between Arabica and Robusta coffee species on the basis of their amino acid enantiomers*. *Journal of agricultural and food chemistry* 51(22):6495. 2003.
- CASTILLO Z., J. *Observaciones sobre tamaño de grano y granos anormales en variedades comerciales de café*. *Cenicafé* 10(9):397-418. 1959.
- CASTILLO Z., J. *Rendimiento de las variedades Típica y Bourbon del C. arabica L., en diferentes condiciones de cultivo*. *Cenicafé* 11(5):137-142. 1960.
- CASTILLO Z., J.; MORENO R., L.G. *La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto*. Chinchiná : CENICAFÉ, 1988. 171 p.
- CIRAD. *Valorisation and innovation partenariat*. Montpellier: CIRAD, 3 p. 2005.
- CHALARCA, J. *La caficultura en el Huila: Historia y desarrollo*. Bogotá : FNC, 169 p. 2000.
- CHARLTON, A.J.; FARRINGTON, W.H.H.; BRERETON, P. *Application of 1H NMR and multivariate statistics for screening complex mixtures: Quality control and authenticity of instant coffee*. *Journal of agricultural and food chemistry* 50(11):3098-3103. 2002.
- CLIFFORD, M.N. *Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products*. En: *COFFEE botany, biochemistry and production of beans and beverage*.: Sydney (Australia), Croom Helm Ltd, p. 305-374. 1985.
- CLIFFORD, M.N. *Coffee bean dicaffeoylquinic acids*. *Phytochemistry* 25(7):1767-1769. 1986.
- CONSEJO CAFETALERO NACIONAL. *Caracterización física y organoléptica de cafés Arábicos en los principales agroecosistemas del Ecuador*. Manta (Ecuador), Consejo Cafetalero Nacional, 248 p. 2003.
- COZZOLINO, D. *Aplicación de la tecnología del NIRS para el análisis de calidad de los productos agrícolas*.. Serie Técnica INIA 97. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 15 p. 1998.

- DAVIRON, B.; PONTE, S. *La paradoja del café: Mercados globales, comercio de bienes primarios y la esquivada promesa del desarrollo*. Bogotá : FNC : OIC, 2006. 300 p.
- DOWNEY, G.; BOUSSION, J. *Authentication of coffee bean variety by near-infrared reflectance spectroscopy of dried extract*. *Journal of the science of food and agriculture* 71(1):41-49. 1996.
- DOWNEY, G.; BRIANDET, R.; WILSON, R.H.; KEMSLEY, E.K. *Near-and mid-infrared spectroscopies in food authentication: Coffee varietal identification*. *Journal of agricultural and food chemistry* 45(11):4357-4361. 1997.
- DUQUE O., H.; POSADA S., H.E.; ALVARADO A., G. *Análisis económico de la adopción de las variedades Castillo® regionales resistentes a la roya*. *Cenicafé* 56(3):197-215. 2005.
- ESTEBAN D., I.; GONZÁLEZ S., J.M.; PIZARRO, C. *An evaluation of orthogonal signal correction methods for the characterisation of Arabica and Robusta coffee varieties by NIRS*. *Analytica chimica acta* 514(1):57-67. 2004.
- ESTEBAN D., I.; GONZÁLEZ S., J.M.; SÁENZ G., C.; PIZARRO, C. *Coffee varietal differentiation based on near infrared spectroscopy*. *Talanta* 71(1):221. 2007.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT FÜR WIRTSCHAFT, BILDUNG UND FORSCHUNG WBF. *Register der ursprungsbezeichnungen und geografischen Angaben café de Colombia*. [En línea]. Bern : BLW, 6 p. Disponible en internet: <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00085/00094/01616/index.html?lang=de>. Consultado el 28. de Mayo de 2013. 2013.
- FAJARDO P., I. F.; SANZ U., J. R. *Evaluación de la calidad física del café en los procesos de beneficio húmedo tradicional y ecológico (BECOLSUB)*. *Cenicafé* 54(4):286-296. 2003.
- FARAH, A.; MONTEIRO, M.C.; CALADO, V.; FRANCA, A.S.; TRUGO, L.C. *Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee*. *Food chemistry* 98(2):373-380. 2006.
- FNC. *Caracterización edáfica de ecotopos del departamento del Cauca*. Bogotá : FNC, 124 p. 1999.
- FNC. *Sistema de información cafetera SIC@-WEB®: Actualización a Octubre de 2009*. Base de datos. Gerencia Técnica. Bogotá: FNC, En línea: sica.cafedecolombia.com. Fecha de consulta Mayo de 2013.
- FNC. *Informe del gerente general al LXX congreso nacional de cafeteros: De acuerdo por la prosperidad*. Bogotá : FNC, 117 p. 2008.
- FNC. *Pliego de condiciones de la denominación de origen protegida café de Colombia*. Bogotá: FNC, 230 p. 2006.
- FLAMENT, I.; BESSIERE T., Y. *Coffee flavor chemistry*. Chichester (Inglaterra), John Wiley Sons, 410 p. 2002.
- GARZÓN C., M. *Recopilación bibliográfica de diferentes técnicas de identificación de café por origen geográfico*. archivo de computador Magda Lorena Garzón Correa ; dir. Luz Patricia Restrepo Sánchez ; codir. Edgar Moreno.. Bogotá. 1 CD-ROM : il. Tesis (Ingeniera Química) – Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química, 127 p. 2003.
- GIVENS D. I., DEAVILLE E. R. *The current and future role of near infrared reflectance spectroscopy in animal nutrition: a review*. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50 (1): 1131–1145. 1999.
- GÓMEZ G., L.; CABALLERO R., A.; BALDIÓN R., J.V. *Ecotopos cafeteros de Colombia*. Bogotá : FNC, 131 p. 1991.
- HEČIMOVIĆ, I.; BELŠČAK C., A.; HORŽIĆ, D.; KOMES, D. *Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting*. *Food chemistry* 129(3):991. 2011.
- HUCK, C.W.; GUGGENBICHLER, W.; BONN, G.K. *Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry*. *Analytica chimica acta* 538(1-2):195-203. 2005.
- ILLY, A.; VIANI, R. *Espresso coffee: The science of quality*. 2da. ed. Amsterdam : Elsevier, 398 p. 2005.
- ISO. *International standard ISO 9116: Green coffee guidelines on methods of specification*. Londres: British Standards Institute Staff, 12 p. 2004.
- ISO. *International standard ISO: Coffee published standards and standards under development*. [En línea]. Londres : British Standards Institute Staff, 2012. Disponible en http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=47950. Consultado en Mayo de 2012.
- ISO. *International standard ISO 9000: Quality management systems fundamentals and vocabulary*. Londres : British Standards Institute Staff, 2000. 29 p.

- JARAMILLO R., A. *Clima andino y el café en Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2005. 192 p.
- JARAMILLO R., A. *Las montañas y el clima de Colombia*. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. Seminario Agosto 31.
- JARAMILLO R., A.; VALENCIA A., G. *Los elementos climáticos y el desarrollo de Coffea arabica L. en Chinchiná, Colombia*. *Cenicafé* 31(4):127-143. 1980.
- KEMSLEY E. K., RUAULT S. & WILSON R. H. *Discrimination between Coffea arabica and Coffea canephora variant robusta beans using infrared spectroscopy*. *Food chemistry* 54(3):321-326. 1995.
- KLÉCIA M. SANTOS, MARIA F. V. MOURA, FRANCISCO G. AZEVEDO, KÁSSIO M. G. LIMA, IVO M. RAIMUNDO JR. & C. PASQUÍN. *Classification of brazilian coffee using near-infrared spectroscopy and multivariate calibration*. *Analytical letters* 45(7): 774-781. 2012
- KY C.-L., LOUARN J, DUSSERT S, GUYOT B, S HAMON, M NOIROT. *Cafeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild Coffea arabica L. and C. canephora P. accessions*. *Food chemistry* 75(2): 223-231. 2001.
- LEROY, T., RIBEYRE, F., BERTRAND, B., CHARMETANT, P., DUFOUR, M., MONTAGNON, C., POT, D. *Genetics of coffee quality*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 229-242. 2006.
- LINGLE, T. R. *The basics of cupping coffee*. 2da. ed. Washington: Speciality Coffee Association of America. 32 p. 1993.
- MARTÍN, M. J., PABLOS, F., GONZÁLEZ, A. G., VALDENEBRO, M. S., & LEÓN-CAMACHO, M. *Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation*. *Talanta*, 54(2), 291-297. 2001.
- MARTÍN, M. J., PABLOS, F., & GONZÁLEZ, A. G. *Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition*. *Talanta*, 46(6), 1259-1264. 1998.
- MORENO B., A.M. *Fundamentos sobre sistemas de producción*. In: *SISTEMAS de producción de café en Colombia*. Chinchiná (Colombia), *Cenicafé*. p. 15-20. 2007.
- MORENO R., L. G. *TABI: Variedad de café de porte alto con resistencia a la roya*. Chinchiná : CENICAFE, 2002. 8 p. (Avances Técnicos No. 300).
- PACETTI, D., BOSELLI, E., BALZANO, M., & FREGA, N. G. *Authentication of Italian Espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 16-methylcafestol*. *Food chemistry*, 135(3), 1569-1574. 2012
- PÉREZ H., C. *Informe anual de actividades 2004 – 2005. Desarrollo de ecuaciones de predicción para compuestos químicos asociados a la calidad del café usando la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)*. En: *Informe proyecto de Genoma “Introgresión vs calidad”*. Chinchiná: *Cenicafé*, 120 p. 2005.
- PÉREZ H., C. *Medidas directas e indirectas de características asociadas a la calidad del café: Usos y aplicaciones*. Chinchiná : CENICAFE, 2010. Seminario Septiembre 10.
- PÉREZ H., C.; VILLEGAS H., A.M.; ARANA R., V.A.; POSADA S., H.E. *Desarrollo de ecuaciones de predicción para compuestos químicos asociados a la calidad del café usando la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)*. In: *CONGRESO Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos*, 10. Pasto (Colombia), Junio 5-7, 2007. *Resúmenes*. Pasto (Colombia), Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos, 2007.
- PÉREZ H., C.; VILLEGAS H., A.M.; ARANA R., V.A.; POSADA S., H.E. *Modelos discriminantes para determinar el origen en dos departamentos cafeteros colombianos*. En: *CONGRESO de fitomejoramiento y producción de cultivos (11 : Octubre 28-30 2009 : Palmira)*. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- PÉREZ H., C.; VILLEGAS H., A. M.; POSADA S., H. E.; VILLARREAL P., D.; ORDOÑEZ M., S. P.; TABARES A., C. P.; LLANO S., M. A.; GALLEGO G., D.; HENAO P., H.A.; JARAMILLO B., J. P. *Documento técnico para el pliego de solicitud de denominación de origen protegida café del Huila*. Chinchiná : CENICAFE, 2011. 74 p.
- PORTILLA, E. P., SEDAS, J. G. P., & PÉREZ, D. M. (2005). *Determinación de las sub denominaciones de origen del Café Veracruz*. *Revista de Geografía Agrícola*, (35), 23-56. 2005.
- PIZARRO C.; DÍEZ I., E.; GONZÁLEZ-SÁIZ, J.M. *Mixture resolution according to the percentage of robusta variety in order to detect adulteration in roasted coffee by near infrared spectroscopy*. *Analytica chimica acta* 585(2), 266-276. 2007.
- POSADA H.; PÉREZ C.; VILLEGAS A.; ARANA V.; PINEDA R.; GARCÍA F.; GALLEGO D. *Informe final primer año proyecto GENO201 “Calidad vs Introgresión” en el marco del proyecto Genoma del café y sus controladores biológicos*. Chinchiná: FNC : Ministerio de agricultura, 91 p. 2006.
- POSADA S., H. E.; LASHERMES, P.; BERTRAND, B. *Análisis del espectro químico de muestras de café verde de diferente origen geográfico usando la técnica del infrarrojo cercano NIRS*. In: *CONGRESO de la Sociedad Colombiana de*

Fitomejoramiento y Producción de Cultivos, 9. Palmira (Colombia), Mayo 11-13, 2005. Palmira (Colombia), CIAT, Esp. (Ponencias en disco compacto). 2005.

- POSADA, H.; FERRAND, M.; DAVRIEUX, F.; LASHERMES, P.; BERTRAND, B. Stability across environments of the coffee variety near infrared spectral signature. *Heredity* 102(2):113-119. 2009.
- PRODOLLIET, J.; BAUMGARTNER, M.; MARTIN, Y.L.; REMAUD, G. Determination of the geographic origin of green coffee by stable isotope techniques. In: COLLOQUE Scientifique International sur le Café, 17. Nairobi (Kenya), Juillet 20-25, 1997. París (Francia), ASIC, p. 197-200. 1997.
- PROMECAFÉ. La Aplicación de espectroscopia NIRS en los estudios de base para identificar calidad del café en relación a denominaciones de origen. *Boletín de Promecafé (Costa Rica) No. 102:20*. 2005.
- PUERTA Q., G.I. Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. *Chinchiná : CENICAFE, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 316)*.
- PUERTA Q., G.I. Calidad en taza de mezclas preparadas con granos de *Coffea arabica* L. y *C. canephora*. *Cenicafé* 59(3):183-203. 2008.
- RAMÍREZ L. A. Teoría de sistemas. [En línea]. Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2002. 54 p. Disponible en internet: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060001/Material_extra/Teor%C3%ADa%20de%20Sistemas.pdf. Consultado el 28 de Mayo de 2013.
- REINA, M.; SILVA L., G.; SAMPER, L. F.; FERNÁNDEZ, M. del P. Juan Valdez: La estrategia detrás de la marca. Bogotá : FNC, 2007. 266 p.
- ROAD D'IMPERIO G. Protección de las indicaciones geográficas en América latina. [En línea]. Montevideo : OMPI, 2001. 4 p. Disponible en internet: <http://www.wipo.int>. Consultado en Julio de 2013.
- RUBAYIZA, A. B., & MEURENS, M. Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by Fourier transform Raman spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(12), 4654-4659. 2005.
- SAMPER, L. F.; POSADA S., H. E.; VILLEGAS H., A. M.; PÉREZ H., C.; ILLERA, J.; MORENO G., E.; ALARCON S., R. Denominación de origen: Café de Nariño solicitud. Bogotá : FNC, 2009. 37 p.
- SAMPER, L. F.; POSADA S., H. E.; VILLEGAS H., A. M.; PÉREZ H., C.; ILLERA, J.; MORENO G., E.; ALARCON S., R. Denominación de origen café de Cauca. Bogotá : FNC, 2009. 48 p.
- SAMPER, L. F.; POSADA S., H. E.; VILLEGAS H., A. M.; PÉREZ H., C.; YEPES, K.; MORENO G., E.; ALARCON S., R. Denominación de origen café del Huila. Bogotá : FNC, 2012. 48 p.
- SERRA, F., GUILLOU, C. G., RENIERO, F., BALLARIN, L., CANTAGALLO, M. I., WIESER, M., . & VANHAECKE, F. Determination of the geographical origin of green coffee by principal component analysis of carbon, nitrogen and boron stable isotope ratios. *Rapid communications in mass spectrometry*, 19(15), 2111-2115. 2005.
- SHANKARANARAYANA, M.L.; ABRAHAM, K.O. Evaluation of coffee quality using chemical and instrumental methods. *Journal of coffee research* 16(1/2):14-22. 1986.
- SPEER, K.; TEWIS, R.; MONTAG, A. 16-O-methylcafesol - a quality indicator for coffee. COLLOQUE Scientifique International sur le Café, 14. San Francisco (Estados Unidos), Juillet 14-19, 1991. París (Francia), ASIC, p. 237-244. 1991.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Resolución 4819: Indicación geográfica protegida café de Colombia. Bogotá: SIC, 11 p. 2005.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Resolución 06093 del 11 de febrero: Denominación de origen protegido café de Nariño. Bogotá: SIC, 17 p. 2011.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Resolución 41788 del 10 de agosto: Denominación de origen protegido café de Cauca. Bogotá: SIC, 16 p. 2011.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Resolución 17989 del 16 de abril: Denominación de origen protegido café del Huila. Bogotá: SIC, 27 p. 2013.
- TROJER, H. The phenological equator for coffee planting in Colombia. In: *AGROMETEOROLOGICAL Methods Proceedings of the Reading Symposium*. París (Francia), UNESCO, Vol.7, p.107-117. 1968.
- UNION EUROPEA. Diario Oficial de la Unión Europea, Reglamento (CE) No. 1050/2007 de la Comisión y bajo en Consejo de Regulación del 12 de septiembre del 2007, por el cual se inscribió la denominación en el Registro de

Denominaciones de Origen Protegidas - Café de Colombia (igp). Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:240:0007:0008:ES:PDF> (06 de agosto de 2013). 2 p. 2007.

- VAAST, P.; CILAS, C.; PERRIOT, J.J.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; BOLAÑO, M. Mapping of coffee quality in Nicaragua according to regions, ecological conditions and farm management. COLLOQUE Scientifique International sur le Café, 20. Bangalore (India), Octubre 11-15, 2004. París (Francia), ASIC, p. 842-850. 2004.
- VILLEGAS H., A. M. Informe anual de actividades 2004 - 2005. Chinchiná : Cenicafé, 69 p. 2005.
- WIPO. La definición de indicaciones geográficas. [En línea]. Ginebra-Suiza: WIPO, 2002. Disponible en Internet: http://www.wipo.int/geo_indications/es/sct.html. 19 p. Consultado el 06 de Agosto de 2013.
- WIPO. Understanding industrial property. WIPO publication No. 895. [En línea]. Ginebra-Suiza: WIPO, 2009. Disponible en internet: http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/en/intproperty/895/wipo_pub_895.pdf. Consultado el 06 de Agosto de 2013.



Café con criterios de sostenibilidad

Sistemas Integrados de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

Juan Mauricio Rojas Acosta; María Cristina Chaparro Cifuentes;
Gloria Esperanza Aristizábal Villegas; Claudia Rocío Gómez Parra;
Angélica María Campuzano Cabrales; Mario López López

Para el café, la cadena de valor comprende desde la producción del grano hasta la taza, por lo que las recomendaciones y conocimientos disponibles definidos como Buenas Prácticas Agrícolas - BPA aplicadas al café, deben incluir todos los procesos del sistema de producción, así como la transformación y la comercialización, para garantizar el cumplimiento de las necesidades y expectativas del consumidor en cuanto a calidad se refiere, y otros aspectos sociales y ambientales, que hoy deben tenerse en cuenta, debido a que hacen parte de los criterios de toma de decisión al momento de la compra.

En este capítulo se presentan los conceptos relacionados con el sistema de producción de café integrado con los componentes de sostenibilidad: Social, ambiental y técnico-económico.

Adicionalmente, se incluye en forma esquemática una compilación de Buenas Prácticas Agrícolas para cada uno de los procesos del sistema de producción de café, identificando los riesgos relacionados con la actividad cafetera, los cuales se deben tener en cuenta para prevenirlos.



Producción de café en Colombia con criterios de sostenibilidad

En Cenicafe se ha desarrollado una metodología que contribuye a la creación de una **Cultura de la Sostenibilidad** en el sistema de producción de café. La propuesta está fundamentada en el **Mejoramiento Continuo**, a través de la estructuración de un **Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)**.



Un **sistema** es un conjunto de elementos que interactúan (NTC ISO 9000), concepto aplicable al sistema de producción de café, mediante la relación de cada uno de los procesos: También debe tenerse en cuenta la interacción del sistema de producción con el ambiente y las personas.

El término **integrado** hace referencia a que en la implementación de las **BPA** se debe evidenciar el **Mejoramiento Continuo** en los tres componentes de la sostenibilidad: **Social, ambiental y técnico-económico**.

En el sistema de producción de café la **gestión** se refiere a la definición, priorización, asignación de responsables y ejecución de diferentes actividades que aporten a la producción del café (NTC ISO 9000).

El concepto de **Buenas Prácticas Agrícolas** definido como la aplicación de las recomendaciones y los conocimientos disponibles para la sostenibilidad social, ambiental y económica de procesos de producción *in situ* y de posproducción, que permiten obtener productos agrícolas alimentarios y no alimentarios seguros y saludables, ha evolucionado con el transcurso de los últimos años, influenciado en el contexto de una economía alimentaria rápidamente cambiante y globalizada, generado por diferentes aspectos como los cambios en los hábitos alimenticios, el interés y el compromiso de diferentes partes interesadas en torno a la producción de alimentos, a la seguridad, la calidad y a la sostenibilidad ambiental y social de la agricultura.

Principios en el Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

Un sistema integrado de gestión en Buenas Prácticas Agrícolas se fundamenta en los siguientes principios (NTC-ISO 9000, 2005):

Enfoque al cliente. Es necesario saber lo que el cliente quiere, para satisfacer y superar sus expectativas. Es importante cumplir con los **requerimientos del producto**, del **ambiente** y **sociales**, como lo exige hoy el consumidor y estar preparados para los nuevos retos que en el futuro puedan surgir con relación al cliente.

Recurso humano. Las personas son el eje fundamental del sistema y tienen la responsabilidad de implementar las BPA, por eso es importante que participen con conocimiento, competencias, compromiso y sentido de pertenencia en cada uno de los procesos.

Mejora continua. En el sistema de producción de café se debe mantener un proceso permanente de mejora en los tres componentes que involucran las Buenas Prácticas Agrícolas.

Enfoque por procesos. Deben estar definidos para garantizar el enfoque sistémico (Las salidas de un proceso son las entradas del siguiente) y una adecuada gestión, que al final sea una secuencia de valor agregado el paso por cada uno.

Estructura del Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

En la Figura 1 se presenta de manera gráfica la estructura de un Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas, que se basa en las recomendaciones disponibles y la mejora continua en los tres componentes: **Social, ambiental y técnico-económico**.



Figura 1.

Estructura de un Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas.

Como se observa en la imagen, en el día a día, con la implementación de **Buenas Prácticas Agrícolas**, los caficultores pueden evidenciar cambios en los siguientes aspectos:

Infraestructura. Mejora en el mantenimiento y utilización de los equipos requeridos en el sistema de producción, como áreas físicas y maquinaria, entre otras.

Recurso humano. Este aspecto se evidencia en el fortalecimiento de las competencias, con el fin de demostrar que las personas que participan en el sistema de producción de café cuentan con un nivel adecuado y en continuo proceso de mejora en las competencias ciudadanas¹ y laborales². El desarrollo de las competencias es la base de la certificación laboral, que en el país es liderada por el Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA (Ministerio de Educación Nacional, 2005).

En cuanto a los aspectos relacionados con el recurso humano, es necesario establecer condiciones laborales para todos los trabajadores, demostrando el cumplimiento de los principios mínimos de responsabilidad social, de acuerdo con la legislación nacional definida por el Ministerio de Salud y de la Protección Social y el Ministerio del Trabajo.

De igual manera, para el manejo del **Sistema Integrado de Gestión** se debe contar con el **soporte documental**, es decir, con los **documentos mínimos** para demostrar la planificación y ejecución de todas las actividades dispuestas como parte de la mejora continua del sistema de producción de café. La **documentación es la base para**

una adecuada trazabilidad o seguimiento del sistema de producción, la cual permite:

- Evidenciar la planificación de las actividades en cada componente.
- Mejorar el conocimiento de la finca, construyendo la historia con información precisa, que es fundamental en el proceso de toma de decisiones con objetividad y soporte.
- Realizar el seguimiento y control de las actividades asociadas a los procesos en la finca.
- Conformar evidencias en procesos de certificación o verificación de iniciativas de sostenibilidad.

Los registros se deben agrupar por componente, lo que permite diferenciar la información y en el tiempo facilita la evaluación de la gestión en cada uno de ellos. Es importante tener en cuenta que en los registros, de acuerdo con la actividad y la etapa en la que se encuentre el cultivo, varía la frecuencia de diligenciamiento, de la siguiente manera:

Corto plazo. El registro de la información es diario o semanal

Registro de aplicación de productos químicos. Permite evaluar y hacer seguimiento de los agroquímicos utilizados en cada lote de la finca, adicionalmente evidencia el manejo de plagas y enfermedades.

Diario de trabajadores y labores. En él se relacionan las personas que realizan las diferentes labores diariamente en la finca y el pago recibido.

¹ Competencias ciudadanas: Conjunto de conocimientos, actitudes y habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas, que articuladas hacen posible que la persona actúe de manera constructiva en la sociedad a la que pertenece.

² Competencias laborales: Conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que aplicadas o demostradas en situaciones del ámbito productivo se traducen en resultados efectivos que contribuyen al logro de los objetivos de la finca cafetera.

Planilla de recolección. En este registro se relacionan las personas y el pago recibido por la labor de cosecha.

Factor de conversión y ventas. Se registra la cantidad de café cereza (Kilogramos o arrobas) que se requiere para obtener un kilogramo o arroba de café pergamino seco.

Mediano plazo. El registro de la información es mensual o trimestral.

Registro de floración. Esta información permite proyectar la necesidad de la mano de obra para la cosecha y determinar la infraestructura necesaria para el proceso de beneficio. Adicionalmente los registros de floración son una herramienta para el manejo integrado de la broca, para establecer el plan de fertilización y realizar la proyección de la producción.

Determinación del nivel de infestación de broca. Para el manejo integrado de la broca es necesario medir el número de frutos brocados en los lotes, realizando la evaluación mensualmente y por lote después de la recolección.

Inventario de agroquímicos, herramientas, equipos y maquinaria. Permite identificar y conocer, la entrada y existencias de los insumos utilizados en la finca, y además conocer la fecha de vencimiento de los agroquímicos.

Mantenimiento y calibración de equipos agrícolas. Permite llevar el control de la vida útil de los equipos registrando la fecha en que se realizó el mantenimiento o calibración y describiendo el resultado de éste.

Registro de envases vacíos de agroquímicos. Se debe establecer la cantidad de residuos peligrosos³ que genera la finca y cuando se realiza su disposición final.

Registro de control y consumo de combustible. Se relacionan los combustibles utilizados para el funcionamiento de vehículos, equipos como guadañadoras, motobombas, motosierras y equipos de aspersión motorizados; el control de éstos permite tener un manejo adecuado de los recursos.

Largo plazo. El registro de la información es semestral o anual.

Mapa de la finca. Se debe realizar un dibujo de la finca donde se ubique el Norte, los lotes, las construcciones,

los linderos, las vías de acceso, las fuentes de agua, las zonas de protección y áreas en riesgo de erosión.

Uso actual del suelo. Permite identificar la distribución y la utilización de las diferentes áreas de la finca.

Plan de renovación. Permite conocer por lote, el tipo de intervención (Zoca o siembra) realizado en la finca.

Capacitaciones. Permite evidenciar la formación que han recibido las personas que hacen parte de la empresa cafetera.

Consideraciones prácticas

La implementación de las herramientas descritas anteriormente es una forma de crear una **“Cultura de Sostenibilidad”**, en el corto, mediano y largo plazo, que respalde la producción del Café de Colombia, en términos de atributos materiales y simbólicos. Para lograr lo anterior, el caficultor debe ajustar la forma de realizar el trabajo diario para que se tengan en cuenta los tres componentes: **Social, ambiental y técnico-económico**, debido a que hoy no se puede abordar la calidad de manera separada, sino que debe ser integral.

Metodología para la implementación del Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas

A continuación se describen de manera general las fases que contempla la metodología propuesta por Cenicafé para la implementación de un Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas, en las empresas cafeteras de Colombia.

Fase 1. Caracterización y levantamiento de línea base

Esta fase se recopila la información de los productores y los predios mediante: La caracterización de las familias en las fincas, respecto a edad, género, escolaridad, capital humano, seguridad alimentaria y nutricional, y

³ Residuo peligroso: Es cualquier envase o empaque que haya estado en contacto con una sustancia peligrosa.

capital social; y la descripción de los predios en términos de su desempeño en Buenas Prácticas en los tres componentes de la sostenibilidad: **Social, ambiental y técnico-económico.**

Para llevar a cabo esta fase es necesario aplicar un **instrumento de caracterización**, analizar la información respecto a indicadores establecidos para cada componente, y a partir de lo anterior establecer los planes de mejoramiento por componente; estas actividades se describen a continuación.

Aplicar el instrumento de caracterización.

El equipo de investigadores de Cenicafé diseñó el instrumento que permite conocer el grado de implementación de Buenas Prácticas en el sistema de producción de café, estableciendo la relación con los tres componentes de sostenibilidad (Figura 2):

Componente Social. Este componente recopila información relacionada con:

- **El grado de formación y conocimiento de los caficultores y su núcleo familiar, para evaluar sus capacidades intelectuales, habilidades y experiencias**, con el fin de estructurar, de acuerdo con las necesidades identificadas, un programa de educación y de esta manera, contribuir de forma integral en el mejoramiento de las capacidades de los cafeteros y sus familias.
- **El capital social**, con el objetivo de caracterizar las dimensiones estructurales y cognitivas de la comunidad y las principales formas en las que opera, mediante la medición de los elementos constitutivos de este capital como son la confianza, solidaridad, acción colectiva, cooperación, información y comunicación, cohesión e inclusión social, empoderamiento y acción política, conflicto y violencia, grupos y redes.
- **El bienestar, salud y seguridad ocupacional** de las personas que realizan las labores diarias en el predio, relacionadas con el sistema de producción de café.

Componente Ambiental. Se evalúa el desempeño a partir de aspectos ambientales identificados en el sistema de producción de café, relacionados con el manejo de residuos sólidos (Orgánicos e inorgánicos) y peligrosos, derrames de sustancias peligrosas y manejo de aguas residuales (Postcosecha y agroquímicos) y los requisitos legales aplicables, lo cual se complementa con la toma de información en aspectos relacionados con la percepción de la biodiversidad.

Componente Técnico-económico. Permite conocer el nivel de aplicación de las recomendaciones y las tecnologías, en

cada uno de los procesos del sistema de producción de café, teniendo como referente los desarrollos de Cenicafé.



Con el análisis de la información recopilada se obtiene un índice de desempeño en Buenas Prácticas con criterios de sostenibilidad, base fundamental para la estructuración de los planes de mejoramiento.

Estructuración de los planes mejoramiento. Los planes están basados en los resultados del análisis de la caracterización, para los componentes **social, ambiental y técnico-económico**. El plan incluye cada una de las actividades priorizadas, responsables, recursos y período de implementación.

Fase 2. Implementación

Esta fase comprende la **implementación de los planes de mejoramiento**, relacionados con las Buenas Prácticas en los diferentes procesos del sistema de producción de café, adecuación de infraestructura, adopción de tecnologías limpias, manejo de subproductos y manejo de vertimientos, entre otros.

De igual manera, en esta fase se lleva a cabo el **programa de educación**, el cual comprende dos actividades simultáneas, la sensibilización que busca despertar el compromiso y la participación de los beneficiarios, además de lograr la responsabilidad de la comunidad relacionada con su entorno natural; y el **plan de formación** que busca el desarrollo educativo de un proceso, teniendo en cuenta los componentes desde la pedagogía, las características de la población objetivo y los conocimientos previos e intereses de formación de los participantes, entre otros.

Fase 3. Seguimiento y ajustes

Para conocer el avance de la implementación de los planes de mejoramiento, se debe realizar el seguimiento a cada una de las actividades, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas, la adopción de Buenas Prácticas y el cumplimiento de requisitos aplicables (Normas o legislación).



Con base en los resultados de esta fase se tomarán los correctivos necesarios, que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Fase 4. Evaluación final

A partir de la implementación del Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas, se realiza la medición de los indicadores que se evalúan al inicio y se gestionan a través de la intervención. Esta fase es muy importante porque permite conocer el efecto de las diferentes acciones establecidas en los planes de mejoramiento.

Consideraciones prácticas

Esta propuesta metodológica fundamentada en un proceso de mejoramiento continuo, debe contribuir a que las Buenas Prácticas Agrícolas, con un enfoque de regionalización sean:

- **Reproducibles.** La implementación de BPA deben garantizar los mismos resultados para cada componente.
- **Verificables.** Deben existir evidencias que soporten la implementación de las BPA.
- **Sostenibles.** Deben mantenerse en el tiempo.

Para garantizar lo anterior, se requiere de la aplicación de herramientas prácticas y funcionales con el objetivo que en el corto, mediano y largo plazo se puedan evidenciar las mejoras en el sistema de producción, en los tres componentes: Social, ambiental y técnico-económico, fortaleciendo la sostenibilidad, viabilidad económica del negocio, las ventajas competitivas del país y la diferenciación en un mercado del café globalizado y competitivo (Castillón y Martínez, 2006).

En la Figura 2 se presentan las fases de la metodología analizada.



Figura 2.

Metodología para la implementación de un sistema integrado de gestión en Buenas Prácticas Agrícolas.

Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de producción de café

Las BPA en el componente técnico-económico

La calidad del café depende del control sobre todos los procesos⁴ precosecha y postcosecha, razón por la cual, la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas es la mejor estrategia para asegurar que la calidad se mantenga en cada uno de los productos resultantes de cada proceso de la finca hasta la obtención del café pergamino seco. En el sistema de producción de café se identifican diferentes procesos, los cuales requieren de insumos o entradas básicas, que a partir de diferentes actividades se transforman hasta convertirse en productos o salidas, como el café pergamino, subproductos del café, o impacto al medio ambiente, entre otros (Figura 3) (NTC-ISO 9000, 2005).

En Colombia, el conocimiento y la tecnología para contribuir al mejoramiento de la eficiencia de cada uno de estos procesos de producción de café es generado por el Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, mediante la gestión de cada una de las Disciplinas de Investigación y la interacción de éstas, proporcionando desarrollos tecnológicos adaptables y escalables para los pequeños, medianos y grandes caficultores del país (Figura 4).

Según la Organización Internacional de Normalización - ISO, la calidad es el "Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos", para el café actualmente

⁴ Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en salidas. NTC-ISO 9000:2005.



Figura 3.

Servicios personalizados. Se refiere a las estrategias para lograr el acercamiento del productor con el consumidor final

el concepto va más allá del producto en sí mismo, lo que lleva a tener en cuenta diferentes aspectos, los cuales a su vez se convierten en atributos diferenciadores, que se pueden categorizar de la siguiente manera:

Atributos materiales. Entre estos se encuentran:

- **La taza:** Intensidad del aroma, acidez, amargo, cuerpo, dulzor e impresión global de la bebida.
- **El grano:** Dañado por broca, deformado, mordido o cortado, negro, cardenillo, aplastado, decolorado veteado, otro decolorado, cristalizado.

Atributos simbólicos. No pueden medirse y se basan en la confianza y en la reputación. Dentro de este tipo de atributos se encuentran:

- Las **Indicaciones Geográficas Protegidas-IGP**, que garantizan que el producto mantiene un vínculo con el medio geográfico.

- La **Denominación de Origen Protegida-DOP (CEE No 2081/92)**, que garantiza que el producto ha sido producido, transformado y elaborado en una zona geográfica determinada. La calidad del producto se asocia al medio geográfico (Ambiente y los aspectos culturales).
- **Servicios personalizados.** Se refiere a las estrategias para lograr el acercamiento del productor con el consumidor final.
- **Etiquetas de sostenibilidad.** Aplica para aquellos productos que cumplen con criterios técnicos y métodos de manejo, como las certificaciones *UTZ Certified*, *Rainforest Alliance*, Comercio Justo y FLO, y verificaciones como Nespresso, *Coffee Practices* y 4C (Daviron y Ponte, 2005)

En la etapa de producción, el cafetero de acuerdo con el control que mantenga en cada uno de los procesos del sistema de producción, obtendrá el café pergamino seco, donde la **calidad** del producto está determinada por el



Figura 4.

Gestión de la investigación en el sistema de producción de café desarrollado por las Disciplinas de investigación de Cenicafé.



En el caso de la **cadena de valor de café desde la producción, pasando por la transformación hasta la comercialización, la calidad del producto final depende de muchos factores que pueden aportar o restar atributos con relación a lo que el consumidor espera. Adicionalmente, por el paso a través de diferentes procesos, el concepto de Buenas Prácticas se convierte en una herramienta que aplica a toda la cadena.**

nivel de adopción de Buenas Prácticas. En esta etapa, el potencial del café para expresar sus características, está influenciado por factores, como:

- La variedad cultivada
- Las condiciones edafoclimáticas, el microclima, las condiciones del suelo
- El manejo integral del cultivo, de acuerdo con la región
- La recolección oportuna, con la selección únicamente de frutos rojos
- El beneficio y secado

De igual manera, el potencial de calidad que se logra en la finca, es necesario mantenerlo en toda la cadena de valor, por consiguiente, los procesos de selección, clasificación empaque, transporte, almacenamiento y

transformación (Figura 5), requieren de la aplicación de Buenas Prácticas.

La aplicación de las BPA en la producción de café involucra todas las dimensiones de la sostenibilidad, para lo cual se analizan aspectos relacionados con los componentes **social** y **ambiental**, para comprender que las BPA requieren de la interacción de conceptos, conocimientos y recomendaciones que van más allá de la calidad intrínseca de un producto (Componente técnico-económico).

Las BPA en el Componente social

En la definición de BPA se incluyen los términos **aplicación de las recomendaciones y el conocimiento**, lo que genera la siguiente pregunta **¿Quién aplica las recomendaciones y el conocimiento?** En el caso de la cadena de café, específicamente en el sistema de producción de café, es el cafetero y todas las personas que desarrollan alguna actividad que pueda incidir en la calidad del producto u ocasionar un impacto al medio ambiente.

Por esto, las Buenas Prácticas Agrícolas deben considerar a las personas como el eje fundamental para el cumplimiento de criterios asociados al producto y al medio ambiente, debido a que son ellas quienes toman la decisión de hacer algo de una forma o de otra. Además, en la dimensión **social**, las BPA deben considerar en su implementación el mejoramiento de la calidad de vida de los productores.

Es importante reconocer la importancia de contemplar aspectos humanos, sociales y culturales de manera integral para mejorar o mantener la calidad de vida y el bienestar de las personas, entendiendo los bienes no como un fin sino como medio para otros fines. En virtud de esto, se hace ineludible priorizar en la mejora de los conocimientos, capacidades y aptitudes de las personas como capital humano, que éstas se empoderen, facultándolas para ejercer su capacidad de



Figura 5.

Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de valor del café.

participar y decidir en los ámbitos de toma de decisiones que se desarrollan en los niveles tanto personal como comunitario, alrededor de relaciones equitativas de género, en las cuales la mujer se incluya en la vida política y en el proceso de toma de decisiones, sobrepasando estereotipos que limitan el desarrollo personal, social y económico de las personas, las familias, las comunidades y la sociedad, en general.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- PNUD con su primer Informe de Desarrollo Humano 1990, comenzó a defender firmemente un nuevo enfoque desde el cual afrontar el desarrollo, mediante la premisa **“La verdadera riqueza de una región está en su gente”**, este enfoque de desarrollo humano se centra en la base conceptual del premio Nóbel de economía Amartya Sen, definido como *“El proceso de ampliación de las opciones de las personas y mejora de las capacidades humanas y las libertades, para que las personas puedan vivir una vida larga y saludable, tener acceso a la educación y un nivel de vida digno, y participar en la vida de su comunidad y en las decisiones que afecten sus vidas”*(PNUD, 2010), el cual pone de manifiesto el bienestar humano como finalidad de cualquier proceso de desarrollo económico y social.

Así mismo, se promueve un desarrollo sostenible focalizado en acciones dirigidas a crear y desarrollar estas capacidades personales, así como de las familias para participar en la vida de la comunidad y fortalecer diálogos y consensos sociales, además de promover el empoderamiento para que tomen decisiones sostenibles que resulten en beneficios no solo para ellos sino para su comunidad, y a largo plazo, independiente del contexto social, económico o político del que hagan parte, es decir, complementa y equilibra las perspectivas sociales y económicas con la perspectiva ambiental y ecológica.

Otro aspecto importante de las BPA desde el componente social, se relaciona con la salud y el bienestar de las familias, los cuales se reflejan en la productividad y que son determinantes para lograr un desarrollo sostenible. El gozar del derecho al trabajo, así como el máximo grado de salud, expresados por las Naciones Unidas y por las recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se encuentra determinado por la instauración de mejores condiciones de salud, seguridad y salarios justos en el trabajo, que permitan al trabajador y su familia mejorar su calidad de vida, constituyéndose por ello, en un derecho y un deber de las mismas personas.

Las comunidades deben ser sensibles sobre la importancia del desarrollo y fortalecimiento de una capacidad proactiva y autogestora, individual y colectiva, para la aplicación de Buenas Prácticas sociales, ambientales y económicas, logradas a través

de procesos de concientización, definidos por planes de formación y programas educativos que buscan garantizar el buen desempeño, el bienestar y la seguridad que se reflejan en la calidad de vida de los hogares de las personas que intervienen en el sistema productivo y a la vez, contribuir al fortalecimiento de la **cultura de sostenibilidad** de la caficultura colombiana, teniendo en cuenta una perspectiva de género equitativa no discriminatoria, así como el fortalecimiento de la acción colectiva y la resolución pacífica de conflictos.

Estas acciones para luchar contra la pobreza pueden ser complementadas a partir de la sensibilización y reconocimiento de los derechos en cuanto al uso racional de los recursos naturales y protección del medio ambiente, la generación de ingresos, la reducción de vulnerabilidad, el aprovisionamiento de servicios básicos, la construcción de redes y concertaciones sociales orientadas en normas y valores como la solidaridad, la confianza y la reciprocidad que coadyuvan al logro del bien común, construcción de capital social y ciudadanía; logrando la presencia activa y efectiva de las familias en todos los ámbitos de toma de decisiones.

Consideraciones prácticas

*En este orden de ideas, la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas-BPA mediante el desarrollo de las capacidades de las personas (Capital humano), a través de su principio esencial **“Hacer las cosas bien”**, permite que cada actividad asociada a lo **social**, a lo **ambiental** o a lo **técnico-económico**, se realice de la mejor manera posible.*

Es así como su aplicación implica el conocimiento, la planificación, registro y gestión, orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos; sin embargo, para su implementación se requiere de cambios en las prácticas culturales y hábitos, para los cuales las personas deben:

- *Adquirir los conocimientos, habilidades o destrezas y las actitudes necesarias.*
- *Estar capacitadas.*
- *Tener conciencia sobre una nueva forma de producir, en forma activa y sensata.*

Consideraciones prácticas

Así mismo, es necesario que las personas apliquen los siguientes principios:

- **Voluntad.** El cafetero debe tener la intención suficiente de aceptar y trabajar por el cambio.
- **Decisión.** El cafetero debe tomar la determinación de apropiar esta tendencia, y asumir los compromisos que sean necesarios para ajustarse a los nuevos requerimientos de la calidad.
- **Conciencia.** El cafetero debe interiorizar el cambio para poder identificar el efecto positivo o negativo de sus hábitos.

La Federación Nacional de Cafeteros y el Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, han desarrollado un trabajo importante con relación a la certificación de **competencias laborales en el sistema de producción de café** (SENA, 2013), las cuales son el reconocimiento que realiza un organismo acreditado⁵, a una persona que hace bien su trabajo y cumple con los requisitos establecidos por los expertos en una norma de competencia laboral, confirmando con ello la capacidad que tiene para desempeñarse en diferentes funciones y contextos laborales que se describen a continuación.

Competencias laborales para la producción de café en Colombia (Título de la norma de competencia laboral-Código).

- Obtener colinos de café de acuerdo con los parámetros de calidad- 270405012
- Establecer plantaciones de café con criterios de sostenibilidad y competitividad-270405010
- Efectuar el manejo y control integrado de plagas minimizando las pérdidas y con criterios de sostenibilidad-270405007
- Efectuar el manejo integrado de enfermedades minimizando las pérdidas y con criterios de sostenibilidad-270405008
- Recolectar café con criterios de calidad, eficiencia, eficacia y minimizando las pérdidas-270405013
- Beneficiar el café en forma eficiente con criterios de calidad y sostenibilidad-270405009
- Manejar los residuos del beneficio del café para evitar la contaminación y obtener otros productos útiles a partir de ellos-270405011
- Mantener y operar las herramientas manuales utilizadas en la producción agrícola de acuerdo con las recomendaciones técnicas-270405020
- Operar y mantener equipos de beneficio de café de acuerdo con los procedimientos y recomendaciones técnicas-270405022
- Mantener y operar aspersoras convencionales no motorizadas de acuerdo con recomendaciones técnicas y normas de seguridad-270405023
- Mantener y operar equipos agrícolas motorizados de dos tiempos asociados a la producción de café de acuerdo con los procedimientos de seguridad establecidos-270405024
- Mantener y operar equipos agrícolas con motores eléctricos y de cuatro tiempos de acuerdo con las recomendaciones técnicas y de seguridad-270405025
- Administrar la producción de café con criterios de productividad, viabilidad económica, calidad, equidad y sostenibilidad de los recursos-170405001
- Producción de café con criterios de rentabilidad, calidad y sostenibilidad de recursos-170405002
- Reparación de maquinarias y equipos agrícolas asociados a la producción de café-170405005
- Evaluación de la calidad física y sensorial del café-170405006

Entre los beneficios de la certificación para el trabajador, se tienen:

- Reconocer socialmente la competencia que ha adquirido en el ejercicio laboral.
- Adquirir y desarrollar habilidades que le permiten adaptarse a los cambios tecnológicos y organizacionales para desempeñarse en su trabajo con la competencia esperada.
- Transferir su competencia laboral, dentro de un mismo proceso productivo, entre empresas, subsectores y actividades laborales.
- Identificar su situación frente al mercado laboral y orientar así la búsqueda de empleo.
- Identificar qué competencia debe adquirir y desarrollar, y generar oportunidades de aprendizaje permanente a lo largo de su vida.
- Mayores posibilidades de vinculación laboral o de promociones.

⁵ El sistema de Certificación de la Competencia Laboral en Colombia opera a través de Organismos Certificadores los cuales deben poseer competencia técnica, estructura organizacional y personal competente para realizar los procesos de certificación.

Las BPA en el Componente Ambiental

Hace más de 30 años entidades como la FAO, PNUMA, UNESCO, ISO, UNEP⁶, Naciones Unidas, entre otras, vienen desarrollando estudios desde calentamiento global, la desertización, el cambio climático, el acceso al agua, la protección de los océanos, la superpoblación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación marina y la sobreexplotación de recursos naturales, para evidenciar su preocupación por el estado actual del planeta y por generar conciencia frente a este hecho que cada día se intensifica más.

A continuación se relacionan algunos eventos que han marcado la dinámica ambiental mundial, a partir de los cuales se inició la reflexión de la importancia de tomar una participación activa en la disminución del deterioro ambiental (Arrijo, 2013):

1970. Se publicó y aprobó en Estados Unidos la Política Nacional Ambiental promovida por la NEPA (*The National Environmental Policy Act*), donde se establece que “Todas las instancias de gobierno identificarán y desarrollarán métodos y procedimientos que contribuyan a que en el menor tiempo posible los factores ambientales sean tomados en cuenta en la toma de decisiones técnicas y económicas” (Bas y Herson, 1993). Estos principios se fueron expandiendo a otros países y para determinados proyectos, hasta que la preocupación por los problemas ambientales globales alcanzó una difusión generalizada. Entre los países que pronto siguieron esta orientación están Canadá (1973), Nueva Zelanda y Australia (1974), Alemania (1995), Francia (1976), Filipinas (1977), Luxemburgo (1978), Holanda (1981), Japón (1984) y la Comunidad Europea (1985). En América Latina, Colombia fue pionera en incorporar la evaluación de impacto ambiental en su código de recursos naturales (1973), seguida de México (1978) y Brasil (1988).

1972. Se realizó la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la relación del ser humano y medio ambiente, en la que se analizó el estado del planeta Tierra y se plantearon las bases para mantenerlo como un lugar adecuado para la vida humana. Estas bases se resumieron en la Declaración de Estocolmo, como primera Declaración Internacional del Medio Ambiente.

1987. La Comisión Mundial del Medio Ambiente presentó el informe Brundtland, el cual se denominó *Nuestro Futuro Común*. Allí se desarrolló el concepto de “Desarrollo Sostenible”.

1988. Se convocó a la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

1990. La Cámara de Comercio Internacional (CCI) elaboró un documento que sirvió de base para la aplicación de los principios del desarrollo sostenible en la actividad industrial.

1991. La ISO (*International Organization for Standardization*) conformó el comité de expertos, denominado Grupo Asesor Estratégico sobre el Medio Ambiente, integrado por miembros de países expertos, para realizar la evaluación de la necesidad de generar instrumentos normativos para unificar criterios de gestión ambiental en las organizaciones.

1992. En la Conferencia de Río de Janeiro “Cumbre de la Tierra” se firmaron los grandes tratados globales de biodiversidad, eliminación de los clorofluorocarbonados - CFC y cambio climático, de los cuales surgió la declaración de Río, la Agenda 21, el Convenio de Biodiversidad, el convenio sobre cambio climático y la declaración de principios de la política forestal.

1993. La ISO autorizó la creación del Comité Técnico 207 y en junio del mismo año se realizó la primera reunión plenaria del comité en la que se decidió la promulgación de la serie de normas ISO 14000.

1995. Se estableció el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo fue reducir en 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero sobre los niveles presentados en 1990, para el período 2008-2012, como mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos.

2002. Se llevó a cabo la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en Johannesburgo (Sudáfrica). Se definieron las áreas prioritarias de acción: Erradicación de la pobreza y las desigualdades sociales, introducción de la dimensión ambiental en procesos económicos y sociales, generación sostenible de recursos hídricos y energía, áreas protegidas para el uso de la biodiversidad, adaptación de los impactos producidos por los cambios climáticos y la gestión sostenible de las áreas urbanizadas y rurales, con énfasis en las acciones de la salud, saneamiento ambiental y disminución de los riesgos de vulnerabilidad a los desastres naturales.

2007. Cumbre de Bali (Indonesia). Se aprobó la “Hoja de Ruta” que implica la aceptación por parte de los firmantes, para el acuerdo internacional más ambicioso que el Protocolo de Kioto.

2009. Cumbre de Copenhague (Dinamarca). Se establecieron algunos compromisos entre los que se encuentran: Mantener el aumento de la temperatura global en 2°C, que los países ricos entreguen 100 millones de dólares anuales a los países pobres, entre otros.

⁶ FAO: *Food and Agriculture Organization* (En español, Organización para la Alimentación y la Agricultura).

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

UNESCO: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (En español, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).

UNEP: *United Nations Environment Program* (En español, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

2012. Cumbre Mundial de Medio Ambiente (Brasil). Río +20 fue una oportunidad para mirar hacia el mundo que queremos tener en 20 años. En la Conferencia Río +20 los líderes mundiales, junto con miles de participantes del sector privado, las ONG y otros grupos, se unieron para dar forma a la manera en que puede reducir la pobreza, fomentar la equidad social y garantizar la protección del medio ambiente en un planeta cada vez más poblado. Las conversaciones oficiales se centraron en dos temas principales: Cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por generar conciencia frente a la importancia de contribuir al uso eficiente y racional de los recursos naturales, la sostenibilidad desde el componente ambiental, se ha visto afectada de manera negativa y se reportan datos que son alarmantes, entre los que se encuentran:

- La **huella ecológica**⁷ refleja una tendencia de consumo excesivo. En 2008, el año más reciente para el que hay datos disponibles, la huella excedió la biocapacidad de la Tierra, en más de un 50%, respecto al área realmente disponible para producir recursos renovables y absorber emisiones de CO₂ (Informe Planeta Vivo, 2010 y 2012).
- Respecto a la **huella de carbono**, la población humana está consumiendo recursos renovables más rápido de lo que se pueden regenerar, y está generando más emisiones de CO₂, de lo que los ecosistemas pueden absorber
- La **huella hídrica de la producción** también es un indicador de la demanda humana de recursos renovables. Análisis muestran que 2.700 millones de personas en todo el mundo viven ya en demarcaciones que experimentan una escasez severa de agua durante al menos un mes al año.

Así mismo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) publicó un informe titulado *Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe GEO ALC 3*⁸, en el cual se mencionan las diferentes actividades que están afectando en mayor o menor medida, todas las regiones del mundo, particularmente los países en vías de desarrollo. El informe se refiere a los cambios demográficos y los procesos sociales y económicos que causan presiones directas sobre el medio ambiente, como el cambio en el uso del suelo, la extracción de recursos, las emisiones de contaminantes y desechos. Algunos aspectos a resaltar de este informe son:

- Con relación al aumento demográfico, afirman que en 40 años la población regional aumentó un 51%, especialmente en áreas urbanas. Este crecimiento, sumado a la falta de planificación territorial y la creciente pobreza y desigualdad, determinan la expansión de asentamientos informales en las urbes. La cobertura de servicios de infraestructura básica no alcanza al total de la población, existiendo importantes asimetrías entre y dentro de los países. La demanda del agua aumentó en un 76% en 15 años. Son crecientes los niveles de contaminación y su incidencia en la salud. Unas 35 mil muertes se atribuyen a la contaminación del aire cada año. La existencia de nuevos patrones de consumo, sumados al crecimiento económico han llevado a un aumento en la producción de residuos sólidos por habitante en los países de América Latina y el Caribe.
- El cambio de uso de suelo en las regiones evaluadas es muy intenso y generalmente se da con poca o nula planeación. La fragmentación, alteración y destrucción total de ecosistemas en áreas de la agricultura, la ganadería y los asentamientos humanos, limitan los servicios ambientales fundamentales.
- El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas contribuye a la degradación y contaminación de suelos, aire y agua, y está asociado a diversos problemas de contaminación ambiental (Del suelo, las aguas y los ecosistemas) y de salud humana. Este problema es especialmente importante en aquellas áreas donde se practica una agricultura intensiva en el uso de este tipo de insumos (Áreas de producción hortícola intensiva) (Naciones Unidas, 2010).
- Se estima que la agricultura intensiva es responsable de aproximadamente el 25% de las emisiones del dióxido de carbono del mundo, del 60% de las emisiones de gas metano y del 80% de óxido nitroso, todos ellos poderosos Gases de Efecto Invernadero - GEI.
- En cuanto a la intensidad de uso de herbicidas e insecticidas, dentro de los países para los que se cuenta con estadísticas, Bélice, Costa Rica y República Dominicana, presentan la mayor intensidad de uso en ambos plaguicidas para 2001. Además, Uruguay y Nicaragua son altamente intensivos en insecticidas, mientras que Ecuador y Paraguay son altamente intensivos en el uso de herbicidas (Naciones Unidas, 2010).

Es por esto que dentro del concepto de Buenas Prácticas Agrícolas se evidencia la importancia que el sistema de producción de café sea respetuoso frente a los recursos naturales y aporte a su sostenibilidad en el tiempo. En el sistema de producción de café, en cada proceso se identifican diferentes aspectos ambientales⁹ (Figura 6),

⁷ Huella ecológica: Método de medición que analiza las demandas de la humanidad sobre la biósfera, comparando la demanda humana con la capacidad regenerativa del planeta. Se realiza considerando conjuntamente el área requerida para proporcionar los recursos renovables que la población utiliza, la ocupada por la infraestructura y la necesaria para absorber los desechos.

⁸ GEO, *Global Environment Outlook*. El GEO ALC 3, es la tercera evaluación ambiental integral sobre el estado y perspectivas del medio ambiente en la región de América Latina y el Caribe.

⁹ Aspecto ambiental: Elemento de las actividades, productos o servicios que puede interactuar con el medio ambiente (NTC-ISO 14001:2010).

que de no ser controlados mediante el uso de tecnología y diferentes recomendaciones, generan impactos negativos al medioambiente poniendo en riesgo los ecosistemas cafeteros y los recursos que éstos proveen.

La Federación Nacional de Cafeteros desde su creación, hace más de 85 años, ha mantenido un compromiso permanente con la conservación y protección de los recursos naturales, orientando sus esfuerzos y capacidad de gestión, incluyendo desarrollos científicos y tecnológicos, para establecer sistemas de producción que además de ser rentables y producir un café de alta calidad, generen el menor impacto ambiental. Para esto se cuenta con el trabajo continuo y concertado de Cenicafé y el Servicio de Extensión. Adicionalmente, en el tiempo se evidencian las diversas iniciativas que se han implementado, y que han

contribuido de manera importante en la conservación y en el uso racional de los recursos naturales.

De esta manera, se pueden identificar diferentes aspectos que soportan la importancia de que las **Buenas Prácticas Agrícolas-BPA** tengan un enfoque integral de la sostenibilidad desde los componentes **social, ambiental y técnico-económico**. En la Figura 7 se ilustra la integración de los principales componentes del sistema de producción cafetero.

Los conocimientos adquiridos a través de la lectura de este Manual Cafetero forman parte de la capacidad que como persona puede aplicar en el desempeño de una labor, que sumados a las habilidades y destrezas, valores y comportamientos, constituyen su competencia laboral (SENA, 2013).



Figura 6.

Aspectos ambientales generados en los procesos del sistema de producción de café.

**Figura 7.**

Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas con criterios de sostenibilidad.

Recomendaciones prácticas

- Identifique cómo está el sistema de producción, y a partir de esta información, establezca planes de mejoramiento y realice el seguimiento que le permita mantener un proceso de mejoramiento continuo, en los tres componentes Técnico-económico, Social y Ambiental.
- Las personas son el eje fundamental en la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas, fortalecer sus capacidades y competencias, contribuye a la toma de decisiones adecuadas y efectivas.
- La calidad del café, es el resultado del conocimiento y control de los diferentes procesos que conforman el sistema de producción de café, fundamentado en las recomendaciones técnicas generadas por Cenicafé.

Literatura citada

- ARRIJOJA C., G. *Presentación: Cumbres internacionales del medio ambiente*. Orizaba : Instituto tecnológico de Orizaba, (s.f.). [En línea]. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/guillermoarrijoja/cumbres-de-medio-ambiente>. Consultado en junio de 2013.
- CASTILLÓN P., D.M.; MARTÍNEZ T., J.C. *Enfoque para combinar e integrar la gestión de sistemas*. Bogotá. ICONTEC, 2010. 241 p.
- DAVIRON, B.; PONTE. S. *La paradoja del café. Mercados globales, comercio de bienes primarios y la esquiwa promesa del desarrollo*. Bogotá (Colombia): FNC – OIC – Fondo Cultural Cafetero, 2005. 300 p
- FAO. *Buenas prácticas agrícolas: ¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas?*. [En línea]. Roma: FAO, 2008. Disponible en internet: http://www.fao.org/prods/gap/index_es.htm. Consultado en junio de 2013.
- FNC. *Informe gerente general al LXVI congreso nacional de cafeteros*. Bogotá : FNC, 2006. 231 p.
- ICONTEC. *Implementar un sistema de gestión ambiental según ISO 14001: Guía básica para las empresas comprometidas con el futuro*. Bogotá: ICONTEC : CYGA, 2005. 173 p.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. *Competencias y evaluación*. Bogotá: M.E.N., 2005. 20 p. (Boletín informativo No. 5).
- NTC-ISO 9000:2005 *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Bogotá. ICONTEC, 2006-01-12. 13 p.
- NTC-ISO 9000. *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Bogotá: ICONTEC, 2005. 35 p.
- NTC-ISO 14001:2004 *Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso*. Bogotá. ICONTEC, 2004-12-13. 28 p.
- NTC-OHSAS 18001:2000. *Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional*. Bogotá. ICONTEC, 2000-11-22. 18 p
- PNUD. *Informe sobre desarrollo humano: La verdadera riqueza de las naciones, caminos al desarrollo humano*. [En línea]. New York: PNUD, (1990). Disponible en internet: <http://hdr.undp.org/es/informes/mundial/idh1990/>. Consultado en mayo de 2013.
- PNUD. *Orígenes del enfoque de desarrollo humano*. [En línea]. New York : PNUD, 2010. Disponible en internet: <http://hdr.undp.org/es/desarrollohumano/origenes/>. Consultado en mayo de 2013.
- RHINEHART, R. *¿Qué es un café especial?*. [En línea]. Long Beach: SCAA Asociación Americana de Cafés Especiales, 2009. Disponible en internet: <http://www.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/comunicaciones/documentos/Articulo-QUE-ES-UN-CAFE-ESPECIAL.pdf>. Consultado en mayo de 2013.
- ROJAS A., J.M.; ARISTIZÁBAL V., G.E.; GÓMEZ P., C.R.; CHAPARRO C., M.C.; GARCÍA L., J.C. *Sistema de mejoramiento continuo en la producción de café: Módulo calidad del café*. Manizales: Fundación Solidaridad, 2009. 39 p.
- SAI. *SA8000 Standard: 2008*. [En línea]. New York : SAI, (s.f.). Disponible en internet: <http://www.sa-intl.org/index.cfm?fuseaction=Page.ViewPage&PageID=937>. Consultado en mayo de 2013.
- SENA. *Certificación evaluación y normalización de competencias laborales*. [En línea]. Bogotá: SENA, 2012. Disponible en internet: <http://mgiportal.sena.edu.co/Portal/Servicios/>. Consultado en junio de 2013.
- WWF. *Informe planeta vivo 2010: Biodiversidad, biocapacidad y desarrollo*. [En línea]. Madrid: WWF España, 2010. Disponible en internet: http://awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2010.pdf. Consultado en mayo de 2013.

Producción de café con calidad y prevención de riesgos

Juan Mauricio Rojas Acosta; María Cristina Chaparro Cifuentes;
Gloria Esperanza Aristizábal Villegas; Claudia Rocío Gómez Parra;
Angélica María Campuzano Cabrales; Mario López López

A continuación y con el objetivo de contribuir a la implementación de las recomendaciones técnicas generadas por Cenicafe, se presenta de forma esquemática un compendio de cada uno de los procesos del sistema de producción de café y las Buenas Prácticas Agrícolas a implementar por parte del caficultor, cuando esté llevando a cabo cada una de las labores o actividades propias de los procesos productivos.

Adicionalmente, conscientes de que cada actividad agrícola que se realiza puede implicar algún tipo de riesgo para las personas, el ambiente o la calidad del café, se indica para cada una de estas actividades el riesgo que se puede presentar al realizarlas. Finalmente, en las tablas de riesgos y prevención, se presentan las acciones de prevención a aplicar por parte de las personas que hacen parte del trabajo de la producción de café en la finca.

Esperamos que ésta sea una herramienta de uso diario por parte de quienes intervienen en la labor de producción del café en Colombia.



Germinador

Al establecer el germinador se debe conocer el origen de la semilla y proporcionarle los cuidados necesarios para su óptimo desarrollo. El germinador permite obtener chapolas sanas y bien formadas, que garanticen el establecimiento de un buen almácigo.



Técnico
Económico



Ambiental



Social

1 Preparación y nivelación del sustrato



- ▲ En el fondo del germinador deposite una capa de gravilla de 10 cm.
- ▲ Posteriormente, sobre la gravilla coloque una capa de 20 cm de arena cernida y nivele el sustrato.

Riesgo

Quemaduras por
exposición al sol



2 Desinfección del sustrato

- ▶ Para prevenir el ataque de *Rhizoctonia solani* (Mal del tallito) aplique un producto fitosanitario.
- ▶ Si va a emplear un biocontrolador, realice la aplicación 6 días antes de sembrar la semilla, en una concentración de 10 g.L⁻¹ y dosis de 1 L.m² de germinador.
- ▶ Para un fungicida de síntesis, realice la aplicación el mismo día antes de la siembra, en una concentración de 5 g.L⁻¹ y dosis de 2 L.m² de germinador.



Riesgos

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



3 Siembra de la semilla

- ▶ Distribuya uniformemente 1 kg de semilla en 1 m² de germinador.
- ▶ Con la ayuda de un rodillo entierre la semilla en la arena.
- ▶ Cubra la semilla con una capa de arena tratada de 1 cm de espesor y sobre esta capa coloque un costal de fique abierto.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

4 Mantenimiento del germinador

- ▶ Cuando la semilla inicie la emergencia (50 – 55 días después de la siembra-dds), quite el costal, lave el exceso de arena sobre los fósforos y coloque de nuevo el costal, a 15 cm de la superficie.
- ▶ Cuando se haya formado el 80% de las chapolas (65 dds) retire el costal e instale un sombrío regulado, el cual debe retirar progresivamente hasta el final del proceso con la formación de todas las chapolas (75 dds).



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

5 Obtención de las chapolas



- ▶ Verifique si las chapolas tienen la raíz recta, los cotiledones abiertos y está sana, si es así, ésta se selecciona como “chapola apta”; en caso contrario, se descarta como “residuo vegetal”.
- ▶ Afloje la arena y retire grupos de chapolas.

Riesgo



Sembrar material de mala calidad (Chapola, colino)

Almácigo

Al establecer el almácigo en la finca se pueden obtener colinos sanos que garanticen el establecimiento de un buen cafetal desde su inicio.



Técnico
Económico



Ambiental



Social



1 Preparación del terreno

- ▲ Elimine las arvenses del terreno donde se va a disponer el almácigo.
- ▲ Nivele el terreno con el fin de agrupar bolsas en eras de 1 m de ancho.
- ▲ Evite que se formen zonas de encharcamiento, construyendo canales o drenajes entre las eras del almácigo.



2 Instalación del umbráculo

- ▲ Clave trozos de guadua de 2,5 m de longitud, de los cuales 50 cm van enterrados.
- ▲ Instale las guaduas cada 5 m en forma de cuadro. El número varía con el área del almácigo.
- ▲ Sobre las primeras guaduas (Columnas) se ponen vigas, también de guadua, y sobre éstas tienda la polisombra.



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas

3 Preparación del sustrato

- ▲ Aliste las cantidades de suelo y materia orgánica descompuesta necesarias para la labor, para cada bolsa se necesitan 1,5 kg de suelo y 0,5 kg de materia orgánica.
- ▲ En el sitio donde se van a llenar las bolsas deposite las cantidades correspondientes de suelo y materia orgánica debidamente descompuesta, y mézclelos con una pala hasta obtener un sustrato homogéneo.
- ▲ Si quedan terrones, rómpalos e incorpórelos a la mezcla. Elimine las piedras y las chizas.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas



Desestabilización del suelo



4 Llenado y agrupación de bolsas

- ▶ Utilice bolsas de polietileno negro perforadas en la base, de 17 cm de ancho por 23 cm de largo.
- ▶ Llene las bolsas completamente con el sustrato preparado, cuidando que no queden espacios vacíos y que el llenado sea uniforme.
- ▶ A medida que llene las bolsas, ubíquelas en hileras de diez bolsas, las cuales ocupan 1 m aproximadamente.
- ▶ Ubique las hileras una enseguida de la otra, para conformar “eras” del largo que permita el terreno que ha preparado.
- ▶ Entre “eras” deje un espacio de 30 a 50 cm, para permitir el tránsito de las personas.



Riesgo



Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos

5 Ahoyado



- ▶ Riegue las bolsas llenas con el sustrato, para humedecerlo hasta saturarlo.
- ▶ Al día siguiente, cuando el sustrato esté a capacidad de campo, haga un hoyo en el centro de la bolsa.
- ▶ Para hacer el hoyo utilice un madero redondo, labrado en su punta, con dimensiones de 2 cm de diámetro por 15 cm de largo.

Riesgo



Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos

6 Siembra de la chapola



- ▶ Revise la longitud de la raíz de cada chapola, si tiene menos de 10 cm siémbrela directamente, sino córtela hasta 10 cm.
- ▶ Si corta la raíz, sumérgjala en una mezcla de Trichoderma (Biocontrolador), en concentración de 5 g.L⁻¹.
- ▶ La siembra consiste en introducir la raíz en el hoyo, cuidando que ésta no quede doblada. Deposite en el hoyo 10 g de inóculo comercial de micorriza, para que quede en contacto con las raíces.
- ▶ Entierre el palo hoyador a un lado de la chapola para apretar el suelo que está al lado de ella.

Riesgos

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



Intoxicación por inhalación y contacto del biocontrolador

Contaminación del suelo, aire y agua



Obtener un colino de mala calidad



7 Riego del almácigo

- ▶ Verifique la humedad del sustrato en las bolsas. En las primeras dos semanas después de la siembra, el sustrato siempre debe estar húmedo, sin que se perciba encharcamiento.
- ▶ Cuando observe que en el sustrato el primer centímetro se encuentra seco, riegue el almácigo hasta obtener la apariencia de húmedo, sin exceso de agua.
- ▶ En días secos y de fuerte radiación, revise el almácigo dos veces en el día.
- ▶ Riegue el almácigo de manera uniforme, procurando tener gotas pequeñas (como una ducha), cayendo de manera alterna sobre las bolsas. Evite chorros de agua directos para no ocasionar descubrimiento de raíces y pérdida de suelo.



8 Fertilización



- ▲ Si identifica síntomas de deficiencias nutricionales en los colinos debe tomar la decisión de hacer una fertilización complementaria.
- ▲ Con base en el síntoma detectado decida el tipo de fuente, dosis de fertilizante y la época adecuada para su aplicación.

Riesgos

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



9 Regulación del sombrío

- ▲ Al momento de establecer el almácigo instale el umbráculo o sombrío transitorio y retírelo después de 5 meses.



10 Descope

- ▶ Con las yemas de los dedos realice el corte del ápice por encima del primero, segundo o tercero par de hojas.
- ▶ Al terminar el corte de los ápices, realice una aspersión con Derosal (carbendazin), en concentración de 3 cc.L⁻¹ sobre las eras trabajadas.



Riesgos

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



11 Manejo integrado de arvenses-MIA

▶ Revisión del almácigo

- Reconozca las arvenses presentes en el almácigo.
- Identifique las arvenses con resistencia a herbicidas.
- Determine el estado de desarrollo de las arvenses y su nivel de competencia.
- Determine si existe restricción para el uso de herbicidas.
- Si en el almácigo la altura de las arvenses es menor a 2 cm y el cubrimiento es menor a 20%, revise nuevamente en 15 días.

▶ Plateo

- Elimine las arvenses manualmente y sacuda el suelo de sus raíces.



Riesgo

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



12 Manejo integrado de enfermedades - MIE Nematodos



▲ Revisión del almácigo

- Si las plantas presentan un tamaño reducido y además exhiben clorosis, defoliación, deficiencias de elementos mayores y menores, y escasa respuesta a la fertilización, se puede identificar como un ataque de nematodos nodulares.
- Revise las raíces arrancando con cuidado las plantas de las bolsas del almácigo, con el fin de observar directamente los siguientes síntomas: Nudosidades en el cuello, en la raíz pivotante y las raíces laterales.

- La corteza del cuello y de la parte superior de la raíz es gruesa y tiene una consistencia corchosa y se agrieta.
- Elimine los colinos que presenten síntomas de amarillamiento, deficiencias nutricionales y pérdida de hojas.

▲ Control de la enfermedad

- Asocie las raíces con micorrizas arbusculares para favorecer la protección de éstas contra los nematodos y estimular el crecimiento de las plantas.
- En el momento del transplante aplique un producto biocontrolador.



Riesgo

Intoxicación por inhalación y
contacto de productos químicos



13 Manejo integrado de enfermedades - MIE Mancha de hierro



▲ **Determinación de la existencia de la enfermedad**

- Si las lesiones están en la haz de la hoja y si el punto amarillo crece formando manchas redondeadas, como un anillo uniforme, y el centro se torna gris y la lesión se observa parda oscura, se identifica como *Cercospora coffeicola* (Mancha de hierro).

▲ **Evaluación del porcentaje de incidencia y severidad**

- Evalúe 100 plántulas y determine si en ellas está presente la enfermedad.
- Si está presente, evalúe diez plántulas, determinando el número de hojas totales y el número de hojas enfermas, para calcular el porcentaje de incidencia.
- Marque el sitio o par de hojas en las que se encuentra presente la enfermedad y la posición de la enfermedad.

▲ **Plan de manejo**

- Si el porcentaje de incidencia es mayor del 5% por cada 100 plantas y la enfermedad está ubicada en el tercio superior de la plántula, realice el control químico con productos sistémicos y protectores (Rotando productos triazoles y ditiocarbamatos).
- Si la incidencia es menor del 5% y la enfermedad está por debajo del tercio superior, aplique productos protectores.

Riesgos



Intoxicación
por inhalación y contacto de
productos químicos

Contaminación
química del suelo,
aire y agua



- Regule o retire el umbráculo si éste proporciona niveles de sombra superiores a 50% y la condición del clima es de lluvias y alta humedad.
- Si la relación suelo y pulpa fue inferior de 3:1, complemente la fertilización.
- Realice el manejo integrado de enfermedades cada 15 días.

▲ **Aspersión**

- Determine el flujo de descarga de la boquilla y la cantidad de mezcla a aplicar por foco.
- Si el equipo utilizado es una aspersora de presión previa retenida o de palanca, realice la aplicación en la bolsa del almácigo.
- Controle el tiempo de descarga del equipo: 40 min.

Riesgos



*Intoxicación
por inhalación y contacto de
productos químicos*



*Contaminación química
del suelo, aire y agua*



14 Manejo integrado de plagas - MIP Cochinillas



▲ Determine la existencia de la plaga

▲ **En hojas:**

- Síntomas visibles como clorosis y defoliación.
- Reducción en el crecimiento y vigor de las plantas.
- Descarte daños en la raíz producidos por cochinillas.

▲ **En raíz:**

- En el cuello de la raíz y en raíces primarias y secundarias se observan hormigas y puntos blancos y de consistencia harinosa, los cuales se identifican como cochinillas harinosas (*Dysmicoccus* sp., *Neochavesia* sp. y *Puto* sp.).

▲ **Porcentaje de plántulas con síntomas externos**

- Establezca el porcentaje de plántulas que presentan síntomas de clorosis o defoliación.
- En una muestra del 5% de las plántulas del almácigo que presenten los síntomas, revise si la raíz presenta la plaga o poblaciones de hormiga.
- Revise si en el sustrato de las bolsas se encuentran las cochinillas y las hormigas.

▲ **Acciones de control**

- Evite la diseminación de la plaga por medio de almácigos y el uso de suelo contaminado.
- Deseche las plántulas afectadas y establezca colinos con sustrato sano.
- Elimine las plantas desechadas y trátelas con insecticida.

15 Selección de colinos

- ▶ Verifique la sanidad y el desarrollo óptimo del colino, acorde con su edad, buena conformación del follaje, tallo y raíces.
- ▶ Descarte los colinos que no reúnen las condiciones anteriores.

Riesgo



Sembrar material de mala calidad



Siembra

El establecimiento del cafetal exige el máximo cuidado y la adopción de prácticas de conservación de suelos. Siembre solamente aquellos colinos en óptimas condiciones de desarrollo.



Técnico
Económico



Ambiental



Social



1 Preparación del terreno



- ▲ Controle las arvenses del terreno.
- ▲ Si es un cafetal con ciclo cumplido, corte mecánicamente los tallos a ras de suelo.
- ▲ Si existe el sombrío, regúlelo de ser necesario.
- ▲ Adecúe drenajes cuando sea necesario.
- ▲ Retire tallos y ramas.

Riesgos

Quemaduras por
exposición al sol



Lesiones con herramientas

Contaminación química del
suelo, aire y agua



2 Trazado

- ▲ Obtenga estacas, corte trozos de madera o guadua, o utilice las retiradas en lotes que han sido trazados y ahoyados.
- ▲ Defina la distancia de siembra. Defina el método de trazo (Triángulo, cuadrado o curvas a nivel).
- ▲ Señalice con estacas los puntos para la siembra de los colinos.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Lesiones con herramientas



Desestabilización del suelo

3 Ahoyado

- ▲ Haga un hoyo de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y 30 cm de profundo alrededor de la estaca.
- ▲ Retire el suelo de cada hoyo.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Lesiones con herramientas

4 Muestreo para análisis de suelos

- Realice análisis de suelos (Anexo 10) 30 ó 60 días antes de la siembra con el fin de tomar decisiones oportunas en cuanto a los correctivos del pH principalmente. Actualice el análisis cada 2 años.



Quemaduras por exposición al sol

Riesgo



5 Incorporación de enmiendas y materia orgánica al hoyo

- Aplique enmiendas si los valores de pH son menores a 5,0, de acuerdo a resultado del análisis de suelos.
- Seleccione la fuente teniendo en cuenta los valores de calcio, magnesio y fósforo del suelo.
- Dosifique la enmienda o materia orgánica de acuerdo con la fuente recomendada. Transporte la enmienda o materia orgánica al lote.
- Adicione la enmienda o materia orgánica al suelo que se retiró del hoyo.
- Mezcle el suelo con la enmienda o materia orgánica.



Riesgos

Producciones bajas



Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



6 Transporte y distribución de colinos identificados

- Lleve al lote de siembra los colinos seleccionados.
- Coloque cada colino al lado del hoyo a sembrar.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



Riesgo

Sembrar colinos de mala calidad



7 Siembra de colinos

- Retire la bolsa y ubique el colino en el centro del hoyo.
- El colino debe quedar sembrado con todo el sistema de raíces cubierto por el suelo.
- Adicione el resto de suelo alrededor del colino, apretándolo para que el colino quede firme y llene el hoyo hasta el nivel de la superficie del terreno.
- Retire las bolsas vacías del lote y dispóngalas en un acopio temporal.



Contaminación por residuos sólidos del suelo, aire y agua

Desestabilización del suelo

Obtener un café de mala calidad



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos

Riesgos



Renovación por ZOCA

El zoqueo estimula la formación de una nueva planta. Realícelo de manera programada, por lotes o surcos, para estabilizar la producción anual de la finca.



Técnico
Económico



Ambiental



Social

1 Cosecha sanitaria



- ▲ Coseche los frutos de todos los árboles del lote a renovar.
- ▲ Deje frutos por dos meses en los árboles (Trampa) de la periferia y coséchélos cumplido este tiempo.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Picaduras de insectos, mordeduras de animales



2 Desrame

- ▶ Corte con machete todas las ramas del árbol dejando solo el tallo principal.
- ▶ Repique las ramas en porciones pequeñas y espárzalas en el terreno para su descomposición natural.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Lesiones con herramientas

3 Zoqueo (25-30 cm del suelo)

- ▶ Corte en bisel el tallo principal desramado a una altura de 25 a 30 cm del suelo.
- ▶ Aplique fungicida o biocontrolador en el área del corte (Equipo de aspersión). Retire del lote los tallos cortados.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

Lesiones con herramientas

Contaminación química del suelo, aire y agua



4 Selección de chupones

- ▶ Después de dos meses, seleccione los chupones (brotes) que presenten mejor desarrollo y ubicación en el árbol.
- ▶ Aplique fungicida o biocontrolador en el área de corte.
- ▶ Reemplace con nuevas siembras los árboles que no emitieron chupones o presenten mal desarrollo.



Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



Riesgos

5 Eliminación de zocas muertas o en mal estado

- ▶ Corte a ras del suelo todas las zocas que no hayan emitido chupones o presenten debilidad.
- ▶ Retire los tallos del lote.
- ▶ Reemplace los sitios perdidos con siembra nueva.

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos



Riesgos



Manejo integrado del cultivo

Para el adecuado manejo del cultivo es necesario verificar y realizar las prácticas agronómicas requeridas como nutrición, podas, control de plagas y enfermedades, entre otros, de acuerdo con la edad del cultivo.



Técnico
Económico



Ambiental



Social

1 Revisión del lote

- ▶ Recorra el lote y verifique el estado de las arvenses, enfermedades, plagas y deficiencias nutricionales.
- ▶ Realice una inspección al lote y determine si la etapa del cultivo es vegetativa o reproductiva.

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos



Riesgos



2 Plan de fertilización etapa vegetativa



▲ En etapa vegetativa (menor de 18 meses):

- Fertilice preferiblemente a partir del primer mes luego de sembrado el colino en el campo. En adelante, fertilice en intervalos de 3 ó 4 meses. Aplique el fertilizante dirigido a cada planta.
- Determine las necesidades de enmiendas y las dosis por planta.
- En todos los casos el suelo debe estar húmedo.
- Defina la forma y época de aplicación.

Riesgo



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

3 Plan de fertilización etapa reproductiva



▲ En etapa reproductiva (mayor o igual a 18 meses):

- Aplique los fertilizantes al voleo y sin tapar (Anexo 10), dividiendo en dos aplicaciones la cantidad requerida por año. La primera al inicio de las lluvias del primer semestre y la segunda una vez comience la temporada de lluvias del segundo semestre.
- Determine las necesidades de enmiendas y las dosis por planta.
- Defina la forma y época de aplicación.

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



Riesgos



Contaminación química del suelo, aire y agua

4 Ejecución del plan de fertilización con base en el análisis del suelo

- ▲ Realice el plateo.
- ▲ Puede utilizar fertilizantes complejos granulados o fertilizantes en mezcla física. De este último grupo, puede adquirir algunos ofrecidos comercialmente o comprar fuentes simples para mezclarlos en la finca. En caso de seleccionar la segunda opción, debe utilizar la mezcla física el mismo día de su preparación.
- ▲ Verifique con una gramera o balanza, que la medida del fertilizante a aplicar corresponda con la dosis requerida. Evite utilizar medidas convencionales como el “tarro de salchichas”, el “tarro de lechera”, la “tapa de gaseosa”, entre otras, porque cada fertilizante y cada marca presenta diferente el tamaño de sus gránulos y, por consiguiente, el peso de los mismos varía según el recipiente que se utiliza para la medida.
- ▲ En aplicaciones “al voleo”, dirija el producto de tal manera que impacte en el tallo y se esparza en la zona del plato.



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas



Contaminación química del suelo, aire y agua

5 Plan de podas

- ▲ **Control de chupones:**
 - Elimine chupones en estado temprano de desarrollo, de acuerdo con el número de tallos por sitio definido.
 - Remueva los chupones apicales que se hayan emitido después de un descope.
- ▲ **Poda apical:**
 - Descope o suspenda el crecimiento vertical para facilitar su manejo, solo en variedad de porte alto.
 - Realice la poda apical en cultivos bajo sombra, independiente del tipo de variedad, para facilitar las labores de cultivo.



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas



Riesgos

6 Podas

- ▲ Retire los chupones en el árbol con tendencia de crecimiento vertical.
- ▲ En variedades de porte alto:
 - Realice la poda apical cuando la planta alcance una altura de 2 metros.
 - Realice el corte a 1,80 metros por encima de un par de ramas.
 - Retire los chupones que se estimulen por efecto de esta poda, cuando estén en estado tierno.
- ▲ En variedades de porte bajo:
 - Una vez defina el número de tallos por planta, retire todos aquellos que estén de más, utilizando para ello la herramienta apropiada.
 - En condición de sombra, si la planta alcanza alturas superiores a 2,50 metros, realice poda apical a 2,20 metros.
 - Los cortes que requieran el uso de podadoras o serruchos zoqueadores, requieren la aplicación de un fungicida y la herramienta utilizada debe ser desinfectada.



Contaminación química del suelo, aire y agua

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Riesgos

Favorezca el establecimiento de arvenses nobles formando la cobertura que protege los suelos, debido a que las arvenses agresivas limitan el crecimiento y la producción de los cafetales ya que compiten por luz, nutrientes, agua y espacio.

Manejo integrado de arvenses



Técnico
Económico



Ambiental



Social

1 Revisión del lote



- ▶ Reconozca las arvenses e identifique las que tienen resistencia a herbicidas.
- ▶ Identifique las arvenses nobles o de baja interferencia.
- ▶ Defina el estado de desarrollo y altura de las arvenses y establezca su proporción por el nivel de competencia.
- ▶ Precise la edad del cultivo.
- ▶ Determine la ubicación de las arvenses (Calles, platos o el árbol) y si existe restricción para el uso de herbicidas químicos.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Corte con machete o guadaña

- ▶ Verifique las condiciones del terreno en cuanto a pendiente, humedad y pedregosidad.
- ▶ Determine el tipo de herramienta a utilizar, machete en altas pendientes, alta humedad y alta pedregosidad, y guadañadora en las demás condiciones.
- ▶ Realice el corte a 5 cm de altura de la superficie, evitando dejar el suelo desnudo y causar heridas a los árboles de café.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas

Manejo inoportuno de las arvenses en el lote



3 Control manual



- ▶ Arranque manualmente las arvenses y sacuda el suelo de las raíces de las arvenses resistentes a herbicida o de difícil control por otros medios.
- ▶ Esparza las arvenses eliminadas sobre el terreno, con las raíces expuestas al sol.
- ▶ Retire del lote los bejucos o arvenses enredaderas o impida que queden en contacto con el suelo, y evite que se dispersen a otras zonas.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Picaduras de insectos, mordeduras de animales



4 Plateo

- ▲ Controle las arveses presentes en el plato del árbol manualmente o con herbicida preemergente (Antes que las arveses germinen) o postemergente (Después que las arveses germinen).
- ▲ En cultivos menores de un año realice la actividad manualmente o con herbicidas preemergentes, según la recomendación técnica.
- ▲ En cultivos mayores de un año puede realizar esta labor de ambas formas, manual o con herbicida.
- ▲ El suelo debe estar húmedo y sin arveses antes de hacer el control de arveses con herbicida preemergente en el plato.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Picaduras de insectos, mordeduras de animales

5 Aplicación del herbicida con selector



- ▲ Asegúrese del buen funcionamiento del selector (Anexo2).
- ▲ Aplique herbicida con el selector de arveses a los 15 a 20 días después del corte con machete o guadañadora, o cuando las arveses estén en estado vegetativo (Antes de floración).
- ▲ Con el selector aplique el herbicida postemergente sistémico tocando las arveses agresivas presentes en el plato y en el surco, sin tocar el suelo.
- ▲ Evite el contacto con el tallo de árboles de café menores de un año.

Contaminación química del suelo, aire y agua



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

Las principales enfermedades del café en Colombia son la roya, las llagas radicales, el mal rosado y la mancha de hierro. Recuerde que la producción de su cafetal depende del adecuado manejo y control de estas enfermedades.

Manejo integrado de enfermedades

Llagas



1 Determinación del tipo de enfermedad



▲ Recorra el lote y de acuerdo con los síntomas que observe en la planta, determine el tipo de enfermedad.

▲ En hojas:

- Si las hojas se encuentran marchitas y amarillas adheridas a la rama, revise la base del tallo para descartar si son llagas radicales (*Rosellinia* spp.) o llaga macana (*Ceratocystis* spp.).

▲ En ramas:

- Si la necrosis de las ramas está generalizada en la planta y se observa amarillamiento del follaje, revise la base del tallo para descartar si son llagas radicales (*Rosellinia* spp.) o llaga macana (*Ceratocystis* spp.).

▲ En tallo y raíz:

- Se distribuye de manera aleatoria en el lote. En la base del tallo se observan lesiones irregulares, endurecidas, de color pardo oscuro que avanzan longitudinalmente en el tallo, se identifica como *Ceratocystis* spp (Llaga macana).

- ▲ Se distribuye por focos en el lote. Los síntomas se observan en el cuello o en el sistema radical como una pudrición blanda y ennegrecida de la corteza de las raíces, se identifica como *Rosellinia* sp. (Llaga radical).

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Revisión del lote

- ▲ Identifique los árboles enfermos y determine la forma en que se distribuyen dentro del lote:
- ▲ **Para llaga macana (*Ceratocystis* spp.):**
 - Se presenta la enfermedad en árboles aislados.
 - Su presencia es más notoria en zocas y en terrenos con pendientes altas.
 - Se censan los árboles afectados por lote.
- ▲ **Para llaga radical (*Rosellinia* spp.):**
 - Se presenta la enfermedad en focos.
 - Su presencia es más notoria en lotes con residuos de raíces de árboles.
 - Se censan los árboles afectados por lote.
 - Se identifican los focos.



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

3 Manejo de árboles enfermos por llaga radical



- ▲ Elimine los árboles enfermos y los vecinos a éstos.
- ▲ Extraiga y retire del lote la planta con todo su sistema radical.
- ▲ Exponga los focos a los rayos solares por más de 3 meses.
- ▲ Realice nuevas siembras después de 3 meses.

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones con herramientas

4 Manejo de árboles enfermos por llaga macana



- ▲ Corte a ras de suelo los árboles enfermos.
- ▲ Si hace “desbajere”, corte las ramas a 2 cm del tallo.
- ▲ En las plantas con lesiones en la parte superior del tallo principal, corte a 15 centímetros por debajo del sitio enfermo.
- ▲ En zoqueo, proteja los sitios de corte con fungicidas.



- ▲ Desinfecte las herramientas entre cortes.
- ▲ Después de eliminar las plantas enfermas realice nuevas siembras.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol



Lesiones con herramientas

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Pérdida de productividad



Técnico
Económico



Ambiental



Social

1 Determinación del tipo de enfermedad

▲ Recorra el lote y de acuerdo con los síntomas que observe en la planta, determine el tipo de enfermedad.

▲ En frutos:

- Si los frutos presentan necrosis en la base y el pedúnculo, y se observa crecimiento de micelio con apariencia de telaraña, se identifica como *Corticium salmonicolor* (Mal rosado).

▲ En ramas:

- Si en el ápice de las ramas se observa necrosis y en la parte de la rama que no está expuesta al sol se observa crecimiento de micelio blanco o rosado, se identifica como mal rosado.

Riesgos



Quemaduras por
exposición al sol

Errores en la realización
de la tarea por falta de
conocimiento

2 Revisión del lote

- ▶ De una muestra de 50 árboles por lote, determine los árboles afectados por la enfermedad.
 - Escoja un árbol de una esquina del lote y recorra el lote sistemáticamente hasta completar el muestreo de los 50 árboles.
 - Cuente las ramas productivas y las ramas afectadas de cada uno de los 50 árboles.

- ▶ A partir del porcentaje de árboles enfermos determine el control.
 - Con porcentajes de incidencia menores o iguales a 10% no realice manejo.
 - Con porcentajes de incidencia mayores a 10% realice el siguiente manejo:

- ▶ Si el promedio de proporción de ramas afectadas por lote es mayor del 20%:
 - Poda por debajo de la zona afectada (Control manual).
 - Utilice herramientas desinfectadas.
 - Aplique un fungicida protector (Control químico), después de podar.

- ▶ Si el promedio de proporción de ramas afectadas por lote es menor del 20%, poda las ramas secas (Control manual).



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

3 Manejo de la enfermedad



- ▲ Poda a ras del tallo las ramas afectadas en más de un 50%, y retire los residuos del lote.
- ▲ En ramas donde la enfermedad ha afectado desde la parte media hacia el ápice poda a 10 cm de distancia del punto enfermo.
- ▲ En ramas donde la enfermedad sólo se presenta en frutos, retire todos los frutos del glómérulo y los frutos de los dos glómérulos vecinos.
- ▲ Maneje los sitios con corte con fungicida (Si no existe restricción de aplicación de productos químicos) o con biocontrolador.
- ▲ Cuando la enfermedad se manifiesta de manera general con porcentajes superiores al 50% y no existe restricción de aplicación de productos químicos, programe una aspersion generalizada con un fungicida protector.



Riesgos



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



Contaminación química del suelo, aire y agua

Manejo integrado de enfermedades

Mancha de Hierro



1 Determinación del tipo de enfermedad



▲ Recorra el lote y de acuerdo con los síntomas que observe en la planta, determine el tipo de enfermedad.

▲ En hojas:

Si las lesiones están en la haz, si el punto amarillo crece formando manchas redondeadas como un anillo uniforme, el centro luego se torna gris y la lesión se torna parda oscura, se identifica como *Cercospora coffeicola* (Mancha de hierro).

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

▲ En frutos:

Si los frutos presentan puntos rojos que luego se tornan de coloración parda oscura y presentan alrededor un anillo rojizo se identifica como mancha de hierro.



2 Evaluación porcentaje de incidencia y severidad



▲ **Determinación del grado de infección:**

- Evalúe diez árboles y en cada uno de ellos seis ramas de la zona productiva.
- Por rama, cuente los frutos sanos y los enfermos por mancha de hierro.
- Calcule el porcentaje de incidencia por rama, por árbol y por lote.
- En los diez árboles evaluados coseche una muestra de 100 frutos enfermos y determine la severidad.
- Determine el estado de desarrollo de los frutos.

▲ **Escala del estado de desarrollo del fruto, con base en la fecha de la floración:**

- Estado 1: Menor de 60 días
- Estado 2: Mayor o igual a 60 días y menor de 120 días
- Estado 3: Mayor o igual a 120 días y menos de 180 días
- Estado 4: Mayor o igual a 180 días

▲ **Categoría de severidad 3:** Lesiones necróticas, deprimidas, adheridas al pergamino, de un tamaño hasta de 1/3 de la superficie del fruto.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

3 Manejo de la enfermedad

▲ Si el desarrollo del fruto está en estado 4 no se requieren medidas de control.

▲ En estados de desarrollo del fruto 2 y 3, con severidades grado 3 ó más, y porcentajes de incidencia superiores a 2%, se requieren medidas de control químico con productos sistémicos y protectores.

▲ Frutos en estado de desarrollo 1, regularmente no presentan la enfermedad.

▲ Revise el análisis de suelo y el plan de fertilización.

▲ Analice si existen condiciones del cultivo que presenten síntomas de deficiencias nutricionales.



Riesgos

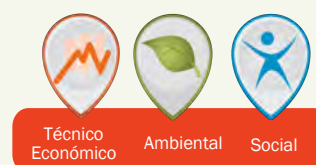
Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



Contaminación química del suelo, aire y agua

Manejo integrado de enfermedades

Roya



1 Determinación del tipo de enfermedad

▲ Recorra el lote y de acuerdo con los síntomas que observe en la planta, determine el tipo de enfermedad.

▲ **En hojas:**

Si las lesiones están en el envés se verifica si es un punto amarillo (clorótico) y tiene polvillo amarillo-anaranjado, corresponde a las esporas del hongo *Hemileia vastatrix* (Roya del cafeto). Los puntos cloróticos pueden unirse y tornarse de color café oscuro y formar lesiones irregulares.

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Revisión del lote

▲ Revise y defina cuál es la variedad sembrada.

▲ Recorra el lote y verifique la información.

▲ Evalúe una rama en 60 árboles seleccionados al azar por lote, y determine el número total de hojas y el porcentaje de éstas con roya.

▲ Calcule los días transcurridos desde la floración hasta la fecha de evaluación de roya.

3 Manejo de la enfermedad

- ▲ Si el porcentaje de infección es menor o igual a 5% no se toman medidas de control, si los días después de floración son menores a 60.
- ▲ Si el porcentaje de infección es mayor que 5% y menor o igual a 15% se toman las siguientes medidas de control:
 - Si los días después de la floración son mayores a 60 y menores o iguales a 120 se recomienda aplicar fungicidas protectores o sistémicos.
 - Si los días después de la floración son mayores o iguales a 180 no se recomiendan medidas de control.
- ▲ Si el porcentaje de infección es mayor que 15 y menor o igual a 30 se toman medidas de control:
 - Se recomienda aplicar fungicidas sistémicos.
- ▲ Si el porcentaje de infección es mayor que 30 se toman medidas de control:
 - Si los días después de la floración son mayores a 90 se recomienda aplicar fungicidas sistémicos.
- ▲ Para determinar el control químico, se realiza la siguiente validación con base en el porcentaje de infección y los días de floración:



Riesgos



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



Defectos físicos: granos "averanados"



Contaminación química del suelo, aire y agua

Días después de floración	Promedio de infección por lote (%)				
	<5,0% – 10,0%	10,1% – 15,0%	15,1% – 20,0%	20,1%-30,0%	> 30,0%
60	P/S	S	S	S	-----
90	P/S	S	S	S	S
120	P/S	S	S	S	S
180	-	P/S	S	S	S

-:No requiere aspersión;
 P: Fungicida protector;
 S: Fungicida sistémico;
 -----: Inicio de aplicaciones con niveles de roya que podrían tener escaso efecto biológico de los fungicidas sobre la enfermedad.

Aplicación de productos para el manejo del mal rosado, mancha de hierro y roya del café



1

Calibración de la aspersora

- ▶ Determine el flujo de descarga de la boquilla (Anexo 4).
- ▶ Determine la cantidad de mezcla a aplicar por árbol.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

Contaminación química del suelo, aire y agua



2 Preparación de la mezcla y señalización del lote

- Señalice el lote que va a ser asperjado con un aviso de color rojo.
- Calcule la dosis del producto a utilizar (Anexo 5).
- Prepare la premezcla del producto en un balde con 2 L de agua, agite fuertemente la mezcla y deposítela en el tanque de la bomba. Complete el volumen con agua.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



3 Calibración de la aspersora

- Aplique la mezcla del producto a los árboles de un lote utilizando equipos de aspersión (Anexo 3).
- En los surcos dirija la aplicación a los sitios con producción y a la base de los árboles.

Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



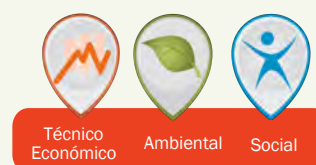
Contaminación química del suelo, aire y agua



Existen insectos y ácaros que atacan el café y limitan su crecimiento, desarrollo y producción. Las plagas más importantes del café en Colombia son: La broca, el minador, la chinche de la chamusquina y la arañita roja.

Manejo integrado de plagas

Manejo Integrado de la Broca



1 Control cultural

▲ Registro de floraciones

- Determine a partir de las fechas de floración, cuándo hay mayor emergencia de brocas.
- Determine los períodos críticos de ataque de la broca, esto es, 120 días después de las floraciones principales.
- Realice el monitoreo para evaluar la infestación y posición de la broca.
- Tenga en cuenta los registros de lluvias (al inicio de la temporada de lluvia hay mayor emergencia de las brocas de los frutos).
- Determine el tipo de control a realizar (Biológico o químico).



Riesgos



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Control biológico

▲ **Calibración de la aspersora**

- Determine el flujo de descarga de la boquilla.
Determine la cantidad de mezcla a aplicar por árbol.

▲ **Preparación del producto y señalización del lote**

- Señalice el lote que va a asperjar con un aviso color rojo.
- Calcule la dosis de producto a aplicar, de acuerdo con la recomendación de concentración.
- Siga las recomendaciones de la etiqueta del producto.
- Adicione la mezcla al tanque que contiene agua, a la mitad del volumen de su capacidad, y adicione agua hasta completar su capacidad.

▲ **Aspersión**

- Aplique la mezcla del producto a las ramas productivas y la base de los árboles.

▲ **Evaluación de la mortalidad en 10 días**

- Cuente las brocas muertas a partir de una muestra de 100 frutos brocados.
- Recorra el lote en zigzag y coseche 100 frutos verdes con posición broca en A y B.
- Abra los frutos y cuente las brocas vivas y las muertas.



Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

3 Control químico



Calibración de la aspersora

- Determine el flujo de descarga de la boquilla.
- Determine la cantidad de mezcla a aplicar por árbol.

Preparación del producto y señalización del lote

- Señalice el lote que va a ser asperjado con un aviso color rojo.
- Calcule la dosis de insecticida a utilizar.
- Prepare la mezcla y establezca la dosis de acuerdo con la recomendación de concentración.
- Adicione la mezcla hasta el límite de capacidad del tanque de la bomba.

Aspersión

- Aplique la mezcla del producto a las ramas productivas, utilizando equipos de aspersión.
- Si hay viento fuerte detenga la aspersión.

Evaluación de la mortalidad de broca después de 3 días de la aplicación

- Cuente las brocas muertas a partir de una muestra de 100 frutos brocados
- Recorra el lote en zigzag y coseche 100 frutos verdes en los cuales la broca esté en posición A y B.
- Abra los frutos y cuente las brocas vivas y las muertas.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

Riesgo



Contaminación química del suelo, aire y agua

4 Evaluación del nivel de infestación en los lotes de café

- ▲ Establezca el nivel de infestación de la broca para cada lote.
- ▲ Seleccione 30 árboles en un recorrido en zigzag, en cruz o al azar.
- ▲ En cada árbol seleccione la rama más productiva (30 a 100 frutos), y cuente el número de frutos, y de éstos, los infestados por broca.
- ▲ Realice esta actividad después de las recolecciones a partir del período crítico de ataque de la broca.
- ▲ Determine el porcentaje de infestación por lote, de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de Infestación (\%)} = \frac{\text{Número de frutos brocados}}{\text{Número de frutos totales}} \times 100$$

- ▲ Evalúe la posición de penetración de la broca en el fruto, para tomar decisiones oportunas de manejo, en especial con insecticidas químicos y bioinsecticidas, como el hongo *Beauveria bassiana*.
- ▲ Para obtener esta información, en el recorrido realizado durante la evaluación de infestación por broca, se deberán recolectar 100 frutos de café infestados por broca al azar. Se debe determinar la posición de la broca en cada uno de ellos.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



Riesgos

Defectos físicos "granos brocados"

Defectos en taza por residualidad de productos químicos.

Riesgo



Contaminación química del suelo, aire y agua

Manejo integrado de plagas

Minador de las hojas del cafeto



1 Determinación del tipo de plaga



▲ Recorra el lote y de acuerdo con los daños que observe en la planta, determine el tipo de plaga:

En hojas:

- Si se encuentran presentes minas o galerías de formas irregulares, inicialmente amarillas y luego marrón, y al frotar con los dedos se retira la epidermis, se identifica como daño causado por minador del café (*Leucoptera coffeellum*).

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Revisión del lote

- ▶ En los lotes afectados identifique los árboles con presencia de minas:
 - Seleccione 30 árboles de forma aleatoria.
 - Seleccione tres ramas de cada árbol.
 - Cuente el número de hojas con y sin minas, en las tres ramas de cada árbol.
 - Al azar, recolecte 100 hojas con minas activas, por foco (Alrededor del árbol seleccionado), y cuente las larvas vivas y parasitadas (Inmóviles).
 - Tenga en cuenta que minas activas son aquellas que presentan larvas vivas.
 - Identifique cada árbol como un foco.



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

3 Manejo de la plaga

- ▶ A partir del porcentaje de daño por árbol determine el control:
 - Si el porcentaje de daño por árbol es menor o igual a 30%, continúe la revisión semanal de los focos.
- ▶ Con porcentajes superiores a 30%:
 - Si el número de larvas vivas es mayor a 25, active un programa de control cultural y natural.
 - Si existe presencia de depredadores, parasitoides, promuévalos favoreciendo el cubrimiento con arvenses nobles y evitando la aplicación de insecticidas y herbicidas.



Riesgos



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

Contaminación química del suelo, aire y agua



4 Control cultural y natural

- ▶ En lotes con presencia de la plaga, favorezca el crecimiento de arvenses nobles en calles.
- ▶ Identifique el complejo de enemigos naturales (Parasitoides y depredadores) y disminuya las acciones que puedan reducirlos como aplicaciones indiscriminadas de plaguicidas y herbicidas.
- ▶ En condiciones de período seco, limpie los platos de los árboles en lotes menores de 2 años, deje las calles con arvenses para que atraigan y mantengan los enemigos naturales.



Riesgos



Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

Manejo integrado de plagas

Chinche de la chamusquina



1 Determinación del tipo de la plaga



▲ Recorra el lote y de acuerdo con los daños que observe en la planta, determine el tipo de plaga:

En hojas:

- Si las lesiones se ubican en los tejidos tiernos como puntos amarillos, deprimidos y húmedos, que luego se tornan cafés y secos, y posteriormente las hojas se necrosan y enroscan y la planta manifiesta achaparramiento, se identifica como daño de la chinche de la chamusquina (*Molanonion velezangeli*).
- Después de identificar las plagas presentes en el lote y determinar el avance del daño, establezca el control (Cultural o químico) a realizar.



▲ Recorra el lote e identifique los focos.

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Manejo de la plaga

▲ A partir del número de árboles con daño determine el control:

- Si la relación de ninfa a cafeto en las lesiones frescas es igual o mayor a 1, se requieren medidas de control.
- Si existe la presencia de enemigos nativos, como arañas, chinches Reduviidae u hongos entomopatógenos, promueva el control biológico.
- En la evaluación quincenal, se debe realizar la recolección y eliminación de ninfas.
- Si el estado de desarrollo corresponde a una floración buena y al inicio de un crecimiento vegetativo importante, se recomienda aplicación de productos químicos de contacto y de peligrosidad II y III (Norma Andina).
- Cualquier aplicación de insecticida se realizará en los focos y de manera localizada, es decir, dirigida a árboles con lesiones frescas.



3 Control cultural y natural

- ▶ En los lotes con la plaga favorezca el crecimiento de arvenses nobles en las calles, para mantener la fauna benéfica.
- ▶ Identifique los enemigos nativos y disminuya las acciones que puedan afectarlos, como aplicaciones irracionales de plaguicidas.
- ▶ Establezca cultivos intercalados cuando se realicen renovaciones por zoca o siembra nueva para fomentar la biodiversidad.
- ▶ Deje árboles trampa (Aguacate, guayaba y cacao) en el cafetal.



4 Control químico

- ▶ Determine el flujo de descarga de la boquilla (Anexo 4).
- ▶ Determine la cantidad de mezcla a aplicar por árbol.
- ▶ Señalice con un aviso color rojo el lote que va a asperjar.
- ▶ Calcule la dosis del producto a utilizar.
- ▶ Prepare la premezcla del producto en un balde con 2 L de agua, agite fuertemente la mezcla y deposítela en el tanque de la bomba. Complete el tanque con el volumen con agua.
- ▶ Dirija la aplicación al dosel del árbol que presente las lesiones recientes de la plaga.



Riesgo

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento



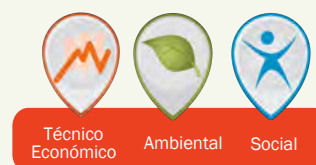
Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



1 Determinación del tipo de plaga

➤ Recorra el lote y de acuerdo con los daños que observe en la planta, determine el tipo de plaga:

➤ **En hojas:**

- Coloraciones rojizas en las hojas del cafeto son ocasionadas por la arañita roja (*Oligonychus yothersi*).
- Después de identificar las plagas presentes en el lote y determinar el avance del daño, establezca el control a realizar.
- Revise los árboles localizados en los bordes del cultivo.
- Identifique la aparición de los primeros focos en el lote (Árboles con hojas rojizas).

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

2 Manejo de la plaga

- Realice el control localizado de las áreas afectadas en los primeros focos detectados.
- Inicie con la aplicación de un acaricida (Con efecto ovicida).
- Si a los 15-20 días después de la primera aplicación existen estados vivos en la planta aplique un acaricida con diferente modo de acción.
- Cuando comience la cosecha, no inicie las recolecciones de café por los lotes más afectados, debido a que llevará la plaga a los lotes sanos.
- Realice el control selectivo de arvenses nobles, de manera que el suelo mantenga cobertura de plantas nectaríferas y melíferas, que sirven de albergue y sustrato alimenticio para la fauna benéfica.



Riesgos

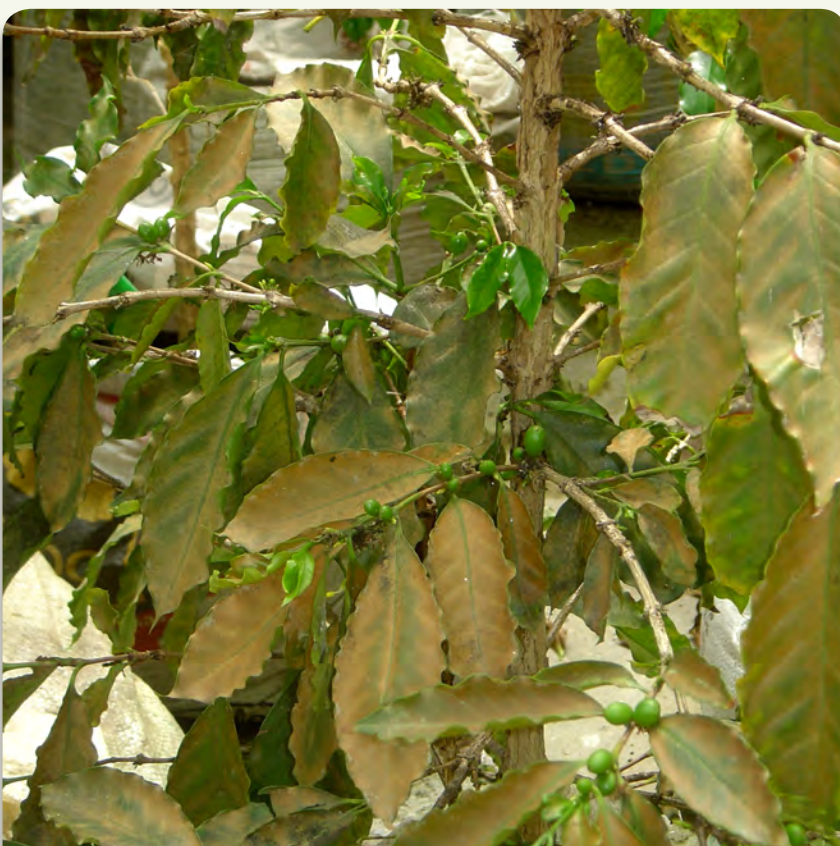
Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Intoxicación por inhalación y contacto de productos químicos



Contaminación química del suelo, aire y agua



Cosecha manual de café

Hasta el momento de la cosecha el caficultor ha invertido recursos para alcanzar una alta productividad. Por lo tanto, la recolección debe planearse y ejecutarse selectivamente, fruto a fruto, con el fin de preservar la calidad del café.



Técnico
Económico



Ambiental



Social



1 Revisión del lote

▲ Recorra el lote para estimar la cantidad de café en cereza a cosechar:



Riesgos

Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

- La semana anterior a la proyección de cosecha, realice un muestreo en diez árboles del lote.
- En cada árbol cuente el número de ramas productivas y seleccione dos para determinar los frutos de café aptos para cosechar.
- Si el número de frutos aptos para cosechar es mayor a 3 por rama, habilite la entrada al lote.
- Si el número de frutos aptos para cosechar es menor a 3 por rama, revise nuevamente en 15 días.

2 Preparación para la cosecha

▲ Con base en la carga de frutos maduros en el lote y los tiempos para desarrollar esta labor, defina el número de personas necesarias y los elementos que ellos necesitan:

- Establezca la forma de pago.
- Entregue los elementos a cada recolector.
- Indique el lote a cosechar.
- Establezca el desplazamiento para la recolección.



Riesgo

Limitación en recursos para el pago, la contratación, inducción, capacitación, bienestar social, evaluación de desempeño



3 Cosecha



▲ Asigne un surco a cada recolector e indíquelo que:

- Tome los frutos maduros, sobremaduros y secos de cada árbol dentro del surco asignado.
- Realice la tarea siguiendo un orden: De arriba hacia abajo y del tallo del árbol hacia afuera.
- Llene el recipiente hasta la capacidad máxima.
- Retire hojas, ramas y demás materiales extraños.
- Deposite el contenido del recipiente en un costal de fique o de plástico limpio.
- Mantenga cerrado el costal para evitar diseminación de plagas como la broca.

Riesgos



Quemaduras por exposición al sol

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Largas jornadas de trabajo

Daños por vendavales, derrumbes, precipitaciones (lluvias, granizadas), tormentas eléctricas

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



Cosecha Manual de Café



➤ Después de realizada la tarea en el surco por todos los recolectores, evalúe si el café cosechado cumple con las siguientes condiciones:

- Menos de 2,5% de frutos verdes de la masa recolectada.
- Menos de 5 frutos cosechados (Maduros, sobremaduros o secos) sin recolectar en el árbol y en el suelo.

➤ Para calcular el porcentaje de frutos verdes, en una botella de 600 mL, tome una muestra de café. Seis frutos verdes corresponden al 2,5% en la masa recolectada.

➤ Para obtener la información de la calidad de la recolección, evalúe diez árboles en el lote ya recolectado, en éste debe haber menos de 50 frutos maduros, sobremaduros o secos, si no se cumple con este criterio deben entrar nuevamente a recolectar en el lote.

Riesgos



Defecto físico:
presencia de hongos en los frutos

Defectos en taza:
Sabores a fermento,
astringente e inmaduro



4 Pesaje del café en cereza

▲ Pese el café a cada recolector en los siguientes casos:

- Al finalizar el lote.
- Si no se ha finalizado el lote:
A la hora del desayuno
A la hora del almuerzo
Al finalizar la jornada
- Registre la información por trabajador.

Riesgos



Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos (en el beneficiadero)



Beneficio y Secado

Beneficiar el café consiste en transformar el café cereza en café pergamino seco. En el proceso se separan las partes del fruto y se baja la humedad del grano para conservarlo, con el fin de comercializarlo.



Técnico
Económico

Ambiental

Social



1 Recepción del café en cereza

- ▲ Reciba el café en cereza y evalúe la calidad del café maduro en una muestra de 1 kilogramo.
- ▲ La tolva de recibo debe estar limpia y en buen estado.

Riesgo

Defectos en taza:
Sabores a fermento,
astringente e
inmaduro



Riesgos

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos (en el beneficiadero)-

2 Despulpado, fermentado y lavado



- ▲ Calibre la despulpadora.
- ▲ Deposite en la tolva el café en cereza.
- ▲ Despulpe el café en cereza sin agua.
- ▲ Transporte la pulpa a las fosas y el café despulpado sin emplear agua.
- ▲ Pase por una zaranda el café despulpado (En baba), para su limpieza y para retirar frutos sin despulpar y la pulpa.

▲ **Beneficio por vía húmeda:**

- Deposite el café despulpado en el tanque tina.
- Verifique si el café tiene “punto de lavado”, por el método del cono (Capítulo Beneficio del Café Tomo 3) y proceda a lavar utilizando la metodología de cuatro enjuagues.
- Las aguas del lavado deben ir al SMTA.

▲ **Beneficio con desmucilagador, procesar el café despulpado:**

- Verifique que la masa del café en cereza por hora corresponda al modelo Becolsub. Ajuste la capacidad de la despulpadora de ser necesario.
- Inicie las máquinas y supervise el correcto funcionamiento.
- Cerciórese de la correcta destinación de los sub-productos pulpa y mucílago.

Riesgos



Lesiones auditivas por exposición al ruido (intermitente, continuo) o lesiones visuales por iluminación (deficiente)

Largas jornadas de trabajo

Errores en la realización de la tarea por falta de conocimiento

Lesiones por descargas eléctricas (alta y baja tensión) y por caídas en alturas

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos, en el beneficiadero



Agotamiento de las fuentes hídricas

Contaminación suelo y agua

3 Secado



- ▲ De acuerdo con el volumen de café pergamino húmedo (café lavado y escurrido), las condiciones climáticas y la mano de obra disponible, determine el sistema de secado.
- ▲ Cantidades menores a 200 kg, se pueden secar en secadores solares.
- ▲ Cantidades mayores o iguales a 200 kg se secan mecánicamente.
- ▲ Realice el secado en secadores parabólicos de la siguiente manera:
 - Espesor de la capa entre 2 y 3 cm.
 - Agite la masa seis veces al día, empleando el rastrillo Cenicafé para revolver con mayor uniformidad la masa y reducir los daños del pergamino.
 - Para determinar la humedad se puede emplear el Método Gravimet (Anexo 14).
- ▲ El secado en silos secadores se realiza así:
 - Controle la temperatura de secado, que no sobrepase los 50°C.
 - El caudal específico de aire de secado debe ser de 0,1 m³.min·kg⁻¹.
 - Cambie la dirección del flujo de aire caliente cada 6 a 8 horas.
 - También puede presecar el café al sol, 1 ó 2 días, y finalizar el proceso en secadores mecánicos con temperatura de aire de 50°C. De esta forma puede ahorrar combustible, energía eléctrica y mano de obra (hasta un 50%) obteniendo café seco de excelente calidad.
- ▲ Para los sistemas de secado mencionados la humedad final del grano debe estar entre 10% y 12%.

Riesgos



Quemaduras y deshidratación ocasionados por la exposición a altas temperaturas (calor)

Lesiones por descargas eléctricas (alta y baja tensión) y por caídas en alturas

Espasmos musculares, daños en la columna por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos



Defectos físicos: granos "cardenillo", flojo o sobresecado, veteado, aplastado.
Defectos en taza: sabores a fermento "cebolla", tierra moho o fenol, sabores a químico por contaminación cruzada (combustibles y gases)

Alteración de la inocuidad del producto por presencia de hongos.

Contaminación del aire



4 Manejo de subproductos

- ▲ Deposite la pulpa en fosas techadas.
- ▲ **Descomposición natural:**
 - El proceso toma hasta 4 meses.
 - Realice volteos quincenales hasta lograr la obtención del material descompuesto.
- ▲ **Lombricultivo:**
 - Traslade la pulpa semidescompuesta a lombricultivos también techados, después de 7 días de procesamiento.
 - En el lombricultivo después de 1 mes, obtiene lombricompost (abono orgánico).
 - Maneje los efluentes del beneficio y los lixiviados en un sistema modular de tratamiento de aguas residuales del beneficio (Ver capítulo Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del café. Tomo 3).

Riesgos

Picaduras de insectos, mordeduras de animales

Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos



Riesgos

Contaminación química del suelo, y el agua





Riesgo Social	Prevención
<p>Picaduras de insectos, mordeduras de animales ocasionadas por un factor de riesgo Biológico. <i>Procesos renovación por zoca, cosecha.</i></p>	<p>Usar botas de caucho, inspeccionar las áreas de trabajo y los árboles.</p>
<p>Errores en la realización de la tarea por falta de conocimientos, ocasionado por un factor de riesgo Psicosocial. <i>Procesos manejo integrado del cultivo, cosecha, beneficio y secado.</i></p>	<p>Realizar inducción, capacitación y evaluación de desempeño. Capacitar a los operarios en el proceso de beneficio del café, en época de cosecha establecer turnos de jornadas de trabajo. Informar cualquier condición de riesgo.</p>
<p>Limitación en recursos para el pago, la contratación, inducción, capacitación, bienestar social, evaluación de desempeño, manejo de cambios, ocasionado por un factor de riesgo Psicosocial <i>Proceso cosecha.</i></p>	<p>Establecer un plan de cosecha. Capacitar a los recolectores.</p>
<p>Largas jornadas de trabajo ocasionado por un factor de riesgo Psicosocial. <i>Procesos cosecha, beneficio y secado.</i></p>	<p>Establecer pausas y descansos periódicos.</p>
<p>Daños por vendavales, derrumbes, precipitaciones (Lluvias, granizadas), tormentas eléctricas ocasionados por un factor de riesgo asociado a Fenómenos naturales <i>Procesos manejo integrado del cultivo, cosecha.</i></p>	<p>Elaborar un plan de emergencia y seguir los procedimientos establecidos en el plan</p>
<p>Lesiones asociadas a caídas, fracturas, esguinces, golpes por objetos, ocasionadas por factores de riesgo asociados a las Condiciones de seguridad en los lugares de trabajo con superficies irregulares, pisos húmedos, deslizantes, con diferencia de nivel, deficientes condiciones de orden y aseo, espacios muy reducidos. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Proporcionar infraestructura segura para evitar caídas a distinto nivel. Mantener las áreas de pesaje ordenadas y aseadas. Mejorar las condiciones físicas de las instalaciones. <i>Anexo 13.</i></p>



Riesgo Social	Prevención
<p>Lesiones auditivas por exposición al ruido (Intermitente, continuo) o lesiones visuales por iluminación (Deficiente), ocasionadas por un factor de riesgo Físico. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Aislar a los trabajadores de las fuentes generadoras de ruido. Suministrar protección auditiva. Realizar mantenimiento preventivo a equipos.</p>
<p>Lesiones por descargas eléctricas (Alta y baja tensión) y por caídas en alturas, ocasionadas por factores de riesgo asociados a las Condiciones de seguridad relacionadas con el estado de las instalaciones eléctricas y trabajo en alturas, respectivamente. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Mantener protegidas y en buen estado las conexiones eléctricas. Realizar mantenimiento preventivo a equipos (Secador mecánico).</p>
<p>Quemaduras y deshidratación ocasionados por la exposición a altas temperaturas (Calor), asociados a un factor de riesgo Físico. <i>Procesos beneficio y secado.</i></p>	<p>Brindar condiciones de aireación en las instalaciones. Suministrar agua potable.</p>


Riesgos y prevención



Riesgo Ambiental	Prevención
<p>Contaminación química del suelo, aire y agua. <i>Procesos germinador, almácigo, siembra, renovación por zoca, manejo integrado del cultivo.</i></p>	<p>Utilizar la dosis del producto de acuerdo a la recomendación técnica. Asperjar en el borde del lote donde se realizó la aplicación, las aguas residuales con agroquímicos, o en un área de barbecho. <i>Anexos 1-2-3-4-5-8-9.</i></p>
<p>Desestabilización del suelo. <i>Procesos almácigo, siembra.</i></p>	<p>Utilizar suelo obtenido de sitios que no generen movimientos masales.</p>
<p>Contaminación del suelo, aire y agua por residuos sólidos. <i>Proceso siembra.</i></p>	<p>Realizar la separación y disposición final adecuada de los residuos inorgánicos como las bolsas plásticas.</p>
<p>Desestabilización del suelo <i>Proceso siembra.</i></p>	<p>Realizar el trazo de acuerdo a la pendiente. Realizar mantenimiento a los caminos dentro del lote. Establecer los drenajes de acuerdo al nivel freático. Realizar manejo integrado de arvenses <i>Anexos 1-2</i></p>
<p>Agotamiento de las fuentes hídricas. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Realizar el despulpado sin agua e instalar reguladores de caudal o medidores de agua. La pulpa debe ser transportada por gravedad o por medio de un tornillo sinfín a la fosa de compostaje y manejada de acuerdo a las recomendaciones técnicas.</p>
<p>Contaminación del suelo y el agua. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Tratar las aguas residuales por medio del sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA). Realizar mantenimiento al SMTA.</p>
<p>Contaminación al aire. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Utilizar combustibles que reduzcan la contaminación (Cisco) con el secador mecánico.</p>
<p>Contaminación suelo y el agua en el lombricultivo. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Permitir la descomposición completa de la pulpa.</p>



Riesgo Técnico Económico	Prevención
<p>Sembrar material de mala calidad (Chapola, colino). <i>Procesos germinador, almácigo.</i></p>	<p>Chapola: Evaluar la calidad final de la chapola de acuerdo a las recomendaciones técnicas. Colino: Evaluar la calidad, raíz recta, sana y sin presencia de plagas ni enfermedades, y hojas sanas</p>
<p>Obtener un colino de mala calidad. <i>Proceso almácigo.</i></p>	<p>Verificar la calidad del colino.</p>
<p>Producciones bajas. <i>Proceso siembra.</i></p>	<p>Realizar análisis de suelos preferiblemente antes de la siembra, con el fin de tomar decisiones oportunas en cuanto a los correctivos del pH principalmente. Actualizarlos cada dos años.</p>
<p>Obtener un cafeto de mala calidad. <i>Proceso siembra.</i></p>	<p>Supervisar en el campo las labores de siembra según recomendaciones técnicas.</p>
<p>Manejo inoportuno de las arvenses en el lote. <i>Procesos manejo integrado de arvenses.</i></p>	<p>Si no se hace manejo oportuno se deteriora la calidad del café y se reduce su producción.</p>
<p>Pérdida de productividad. <i>Proceso manejo integrado de enfermedades.</i></p>	<p>Reemplazar los sitios perdidos.</p>
<p>Defectos físicos: Granos “averanados” <i>Proceso manejo integrado de enfermedades</i></p>	<p>Mantener el cultivo con menos del 5% de infección de roya.</p>
<p>Defectos físicos “Granos brocados”. <i>Proceso manejo integrado de plagas</i></p>	<p>Mantener los niveles de broca por debajo del 2%.</p>
<p>Defectos en taza por residualidad de productos químicos. <i>Procesos manejo integrado de plagas, manejo integrado de enfermedades.</i></p>	<p>Aplicar los productos y las dosis recomendadas.</p>
<p>Defecto físico: Presencia de hongos en las cerezas. <i>Proceso cosecha</i></p>	<p>Revisar la masa cosechada, eliminar frutos del suelo con presencia de hongos y frutos verdes. Utilizar recipientes de cosecha limpios y de uso exclusivo para café. Utilizar sacos para la cosecha limpios y que no hayan sido utilizados para empacar agroquímicos.</p>
<p>Defectos en taza: sabores a fermento, astringente e inmaduro. <i>Procesos cosecha, beneficio y secado.</i></p>	<p>La masa cosechada debe tener un porcentaje inferior al 2,5% de frutos verdes.</p>

 Riesgo Técnico Económico	Prevención
<p>Defectos físicos: Granos mordidos o cortados, manchados, cerosos, marrón, negros. Defectos en taza: sabores a fermento, vinagre, stinker, sucio. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Realizar la calibración de la despulpadora antes de cosecha. Realizar el despulpado en menos de 8 horas después de recolectado el café cereza. Anexo 13.</p>
<p>Defectos físicos: Granos “cardenillo”, flojo o sobre secado, veteado, aplastado. Defectos en taza: Sabores a fermento “cebolla”, tierra, moho o fenol, sabores a químico por contaminación cruzada (Combustibles y gases). Alteración de la inocuidad del producto por presencia de hongos. <i>Proceso beneficio y secado.</i></p>	<p>Iniciar el proceso de secado inmediatamente. Realizar limpieza a los secadores. Realizar mantenimiento a silos. Evitar el rehumedecimiento del café. Proteger el café de agentes contaminantes externos (animales domésticos, pisar el café, contacto directo con el suelo).</p>

Peligro: Es una fuente o situación con potencial de daño en términos de lesión o enfermedad, daño a la propiedad, al ambiente de trabajo o una combinación de éstos.

Riesgo: Es la combinación de la probabilidad y las consecuencias de que ocurra un evento peligroso.

Accidente: Es un evento no deseado que da lugar a muerte, enfermedad, lesión, daño u otra pérdida¹.

¹ Norma Técnica Colombiana. NTC-OHSAS 18001. Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. 2000.

A photograph of a man in a white long-sleeved shirt, blue jeans, a brown belt, and a straw hat with a red band. He is smiling and looking to his right, standing in a lush green coffee plantation. The scene is framed by a large yellow circular graphic on the right side of the image.

A nexos

1 Procedimiento manejo del selector



1

Revise el selector



Paño



La tapa y el empaque



Sello hermético



2

Aliste los elementos de protección personal (EPP)



6

Finalizada la labor, lave y guarde los EPP, en el sitio asignado

Mida y mezcle las dosis de producto recomendado con agua previamente filtrada



3

Evite preparar más producto del necesario



5



4

Durante el llenado y la aplicación use los guantes

Recomendaciones



➤ No fume ni consuma alimentos durante la aplicación

➤ Lávese las manos antes de comer o beber

➤ En caso de sentirse mal, busque ayuda y solicite primero auxilios



2 Procedimiento mantenimiento del selector



Revise el paño y el plástico protector



Revise la tapa y el empaque (sello hermético)



Revise la manguera de entrada del aire



Llene con agua limpia y filtrada



Verifique que no haya fugas mientras está quieto



Lave a presión el selector al terminar la labor

Recomendaciones

- ▶ Reporte las anomalías después de cada revisión
- ▶ Registre el mantenimiento

3 Procedimiento manejo de aspersoras

Aliste las aspersoras



De palanca



PPR (Presión Previa Retenida)



De espalda

Motorizadas



Semiestacionaria



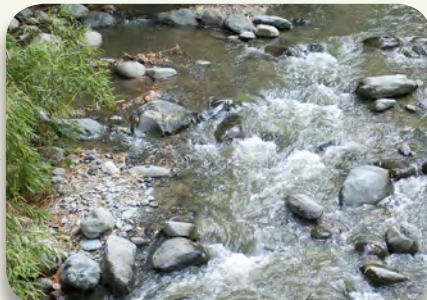
Aliste los elementos de protección personal (EPP)



Prepare la mezcla de combustible indicada



Mida y mezcle la dosis del agroquímico



Aplique lejos de las fuentes de agua (de acuerdo a lo establecido por la iniciativa de sostenibilidad)



Evite la presencia de personas en el lote durante la aplicación



Finalizada la labor lave y guarde los EPP y los equipos, en el sitio asignado



Señalice el lote después de la aplicación de agroquímicos

Procedimiento manejo de aspersoras

Recomendaciones



Realice el triple lavado a los envases y bolsas para disposición final

Utilice los sobrantes de la aplicación al día siguiente

No fume ni consuma alimentos durante la aplicación

Lávese las manos antes de comer o beber

Báñese al finalizar la labor en el sitio asignado y colóquese ropa limpia

En caso de sentirse mal durante el día, busque ayuda y solicite primeros auxilios

Lave la ropa de trabajo antes de volver a usarla



4 Procedimiento calibración y mantenimiento de aspersoras



Calibración

De palanca y PPR



Motorizadas



Procedimiento calibración y mantenimiento de aspersoras

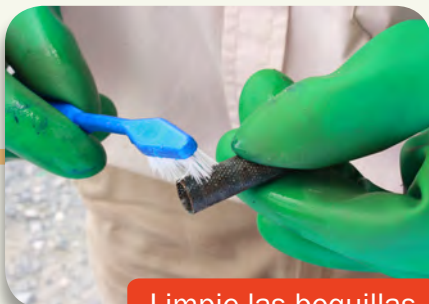
Mantenimiento



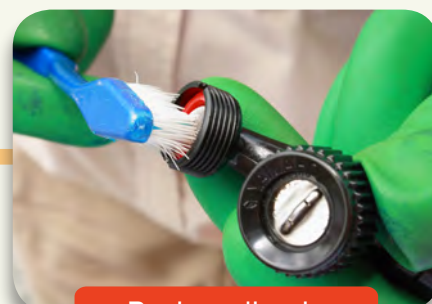
Revise el estado general de los equipos



Realice el triple lavado



Limpie las boquillas



Revise y limpie empaques y filtros

Recomendaciones

- Utilice las herramientas apropiadas para destapar las boquillas (No use puntillas, no sople con la boca)
- Registre la calibración y el mantenimiento
- Reporte las anomalías después de cada revisión
- Recuerde dejar los equipos siempre limpios y vacíos en su lugar

5 Procedimiento seguridad en el manejo de productos agroquímicos

Clasificación	Elementos de protección	Síntomas En caso de presentar alguno de estos síntomas tenga en cuenta los primeros auxilios
Ia Extremadamente peligroso		Síntomas peligrosos Pupilas pequeñas, Goteo de nariz y babeo, Dificultad al respirar, Inconsciencia.
Ib Altamente peligroso		Síntomas moderados Vomito, Dolor de estomago, Calambres, Visión nublada.
II Moderadamente peligroso		Síntomas leves Cansancio, Dolor de cabeza, Mareos, Sudoración.
III Ligeramente peligroso		

+ Primeros Auxilios



1. Identifique el producto
2. Detecte el problema
3. Si está inconsciente colóquelo de lado e incline la cabeza hacia atrás
4. Aleje el paciente del lugar del derrame
5. Descontamine los ojos con agua
6. Quítele la ropa contaminada
7. Busque asesoría médica
8. Solamente induzca el vómito cuando el médico lo recomiende



Protección obligatoria del cuerpo



Utilice guantes de protección



Utilice botas de protección



Utilice gafas de protección



Utilice respirador



Utilice careta de protección



Utilice tapaboca

6 Procedimiento mantenimiento de guadañas y motosierras



Aliste y revise los equipos (motosierra o guadaña)



Prepare la mezcla de combustible indicada



Aliste los elementos de protección personal (EPP)



Use los Elementos de Protección Personal durante la labor

Recomendaciones

- Al final de la jornada, limpie los EPP (Elementos de Protección Personal)
- Los elementos que estén mojados déjelos secar al aire, para evitar la formación de hongos y malos olores

7 Procedimiento revisión de guadañas y motosierras



Limpie con un pedazo de tela húmeda todas las partes del equipo

Guadaña



Revise el estado de la cuchilla o nylon (yoyo)



Motosierra



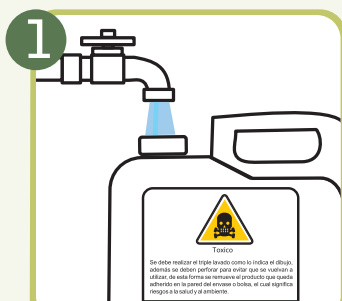
Revise la cadena de lubricación

Recomendaciones

- ▲ Reporte las anomalías después de cada revisión
- ▲ Recuerde dejar los equipos siempre limpios y en su lugar
- ▲ El mantenimiento debe ser realizado por personal capacitado
- ▲ Registre el mantenimiento

8 Procedimiento triple lavado

Se realiza para remover el residuo de agroquímico que queda adherido a la pared del envase o bolsa, el cual genera riesgos a la salud y al ambiente



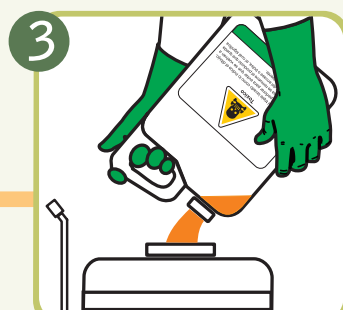
Coloque agua limpia hasta ocupar una cuarta parte del envase o bolsa y tápelo bien



Agite fuertemente el envase o bolsa varias veces, en forma horizontal y vertical



Inutilice el envase, es decir, corte, perforo, y quite las tapas. No destruya las etiquetas



Vierta en el tanque de mezcla el enjuague del envase o bolsa

Repita 3 veces los pasos 1, 2 y 3

- ▲ Aplique la mezcla del enjuague en zonas de barbecho o guárdelo para la aplicación del día siguiente
- ▲ Guarde temporalmente los envases en costales de fibra (Estopas), en un lugar techado, ventilado, señalizado y restringido
- ▲ Guarde las tapas en una bolsa aparte
- ▲ Entregue los envases y las tapas a la entidad autorizada para su disposición final (Diferentes a las empresas de aseo)
- ▲ Solicite el certificado de entrega

9 Procedimiento manejo de derrames de agroquímicos y combustible

El siguiente procedimiento se debe realizar cuando ocurra un derrame

Tenga a la mano el equipo de limpieza para la recolección de derrames



Material absorbente, bolsas, escoba, pala, equipo de protección (careta, guantes, botas)



Aleje a las personas y animales que estén cerca



Colóquese el equipo de protección



Con una pala recoja y colóquelo en la bolsa



Después, ponga más arena sobre el agroquímico o combustible



Ponga material absorbente en los bordes del derrame, haciendo un dique o barrera a su alrededor



Lleve la bolsa al centro de acopio de residuos peligrosos

Si el derrame ocurre en un sitio cerrado (Bodega o taller), debe realizar el procedimiento y adicionalmente lavar el área contaminada con agua y jabón. No deje residuos

Finalizada la labor báñese con agua y jabón



10 Procedimiento para tomar muestras de suelos en los cafetales

El éxito del análisis de suelo comienza con un buen muestreo en el campo

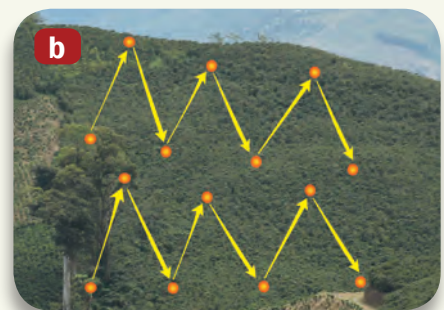
➤ Tome la muestra de suelo después de 3 ó 4 meses de la última fertilización, y con el suelo húmedo. Recuerde no fumar mientras esté tomando las muestras de suelo.

➤ Divida la finca en lotes homogéneos de acuerdo al tipo de suelo (Color y textura, entre otros), topografía, edad de los cafetales, sombrero y las prácticas de fertilización y enclavamiento realizadas recientemente. Preferiblemente, elabore un mapa con la información correspondiente.



➤ Evite recolectar muestras de suelo en sitios como terrenos erosionados (Por ejemplo los “filos” de la montaña), caminos, lugares donde se hayan realizado quemadas, hondonadas con problemas de encharcamiento, hormigueros, áreas cercanas a las viviendas, patios, corrales y depósitos de cales y fertilizantes, entre otros.

➤ Para lotes con menos de dos hectáreas realice el muestreo en 10 puntos (a), y para lotes de mayor tamaño de 15 a 20 puntos (b).



➤ Recorra todo el lote en zigzag y tome una muestra de suelo en el plato del árbol, a 20 cm de profundidad, con la ayuda de un barreno o palín limpio. Si el lote no ha sido sembrado, tome las muestras en cualquier punto. Antes de tomar la muestra, retire la hojarasca y demás materiales orgánicos.

➤ En cada punto de muestreo, tome la misma cantidad de suelo.

Procedimiento para tomar muestras de suelos en los cafetales



Para tomar la muestra con el barreno, introdúzcalo en el punto de muestreo y gírelo. Posteriormente deposite la muestra en el balde.

Para tomar la muestra con el palín:

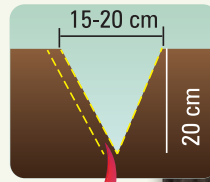
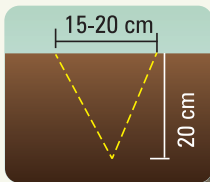
1 En el punto de muestreo, retire una porción de suelo, introduciendo el palín de manera inclinada hasta formar un hoyo.

2 A uno de los lados del orificio, con el palín tome una porción delgada de suelo.

3 Solamente tome la parte del centro de la muestra recolectada con el palín.



Elementos para la toma de muestras de suelos



Procedimiento para tomar muestras de suelos en los cafetales

- Deposite en un balde plástico y limpio, el suelo extraído en todos los puntos de muestreo del mismo lote.
- Mezcle bien el suelo contenido en el balde, y en una bolsa plástica limpia, preferiblemente nueva, deposite aproximadamente 500 gramos de la muestra de suelo.

4 Rotule la bolsa con la siguiente información:
Fecha de muestreo, nombre de la finca, nombre del propietario, ubicación de la finca, identificación del lote, características de la plantación (Fecha de siembra, etapa del cultivo, densidad de siembra, sombrío, entre otros) y observaciones sobre las prácticas recientes de fertilización y enclamiento.



- Envíe la muestra al laboratorio en el menor tiempo posible. Si se presenta demora para el envío, se recomienda secar la muestra sobre papel limpio.



Realice un nuevo muestreo después de 2 años

11 Proceso fertilización de cafetales

- 1 Identifique el tipo de fertilizante a utilizar
- 2 Revise cuáles fertilizantes tiene en la finca e identifique si hay necesidad de comprar otros insumos
- 3 Cuando tenga todos los fertilizantes, identifique y separe los granulados de los no granulados (Polvo)
- 4 En caso de requerir de una mezcla de fertilizantes, proceda así:



Disponga de un piso en cemento o en pavimento limpio



Coloque el primer abono sobre la superficie, esparcido y desterronado



Mezcle los fertilizantes con la ayuda de una pala o palín



Adicione uno a uno, sobre el primero, los otros fertilizantes requeridos

Repita los pasos anteriores cuando la mezcla se realice entre fertilizantes en polvo

Proceso fertilización de cafetales



5 Recoja y empaque la mezcla de fertilizante en los sacos donde venían originalmente las fuentes, cierre y marque los sacos

6 Elabore la medida (Tarro de guadua, tapa de plástico) con la ayuda de una gramera, según la recomendación a aplicar por árbol

7 Verifique siempre la medida con la gramera, independientemente si el fertilizante fue mezclado en la finca

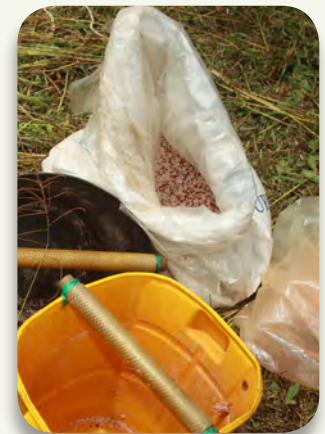
8 Transporte los sacos de fertilizante a aplicar al lote y llene poco a poco los recipientes plásticos como baldes o cocos cafeteros

9 En cafetales en levante aplique el fertilizante esparcido alrededor del árbol

10 En cafetales en producción aplique el fertilizante al voleo

11 Para aplicar al voleo, la medida del fertilizante se hace chocar contra el tallo del árbol y de esta manera queda esparcido en el plato del árbol

12 No tape el fertilizante



Proceso fertilización de cafetales

Recomendaciones

- No almacene los fertilizantes con otros agroquímicos
- No mezcle los fertilizantes granulados con los no granulados
- Aplique el fertilizante cuando haya humedad en el suelo y el plato esté libre de arvenses
- Recuerde que puede aplicar los fertilizantes sobre la hojarasca
- Cuando aplique cales, es necesario que el plato esté completamente limpio y libre de hojarasca
- Incorporar o tapar el fertilizante acarrea costos adicionales en la mano de obra y puede ocasionar erosión



12 Procedimiento para aplicar enzimas



Pese el café cereza que va a procesar



Utilice la cantidad de enzima de acuerdo a la cantidad de café cereza a procesar



Disuelva la enzima en un recipiente con agua limpia, a razón de 100 ml de agua por cada cm^3 de enzima



Cierre el tapón del tanque



Utilice zaranda para clasificar el café despulpado



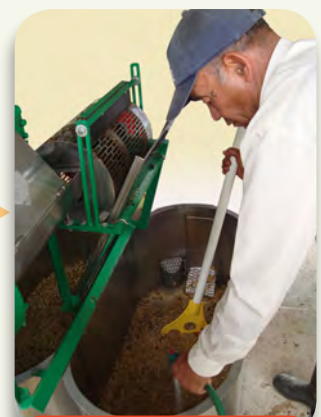
Verifique que la máquina despulpadora se encuentra en óptimas condiciones y despulpe el café



Una vez el café despulpado se encuentre dentro del tanque de fermentación, adicione la enzima disuelta en el agua



Revuelva el café para que la enzima entre en contacto con toda la masa



Espere 3 horas y lave el café

13 Procedimiento mantenimiento del beneficiadero

Después de procesar el café, lave todos los elementos con agua limpia y cepillo. No utilice jabón

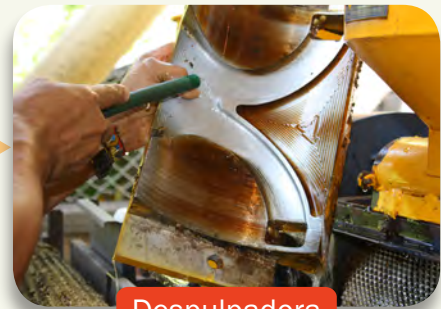


Tolva

Retire residuos de hojas, ramas, frutos e impurezas



Separador hidráulico



Despulpadora



Tanques de fermentación



Tornillo sinfín



Zaranda



Desmucilagador

Procedimiento mantenimiento del beneficiadero

Recomendaciones

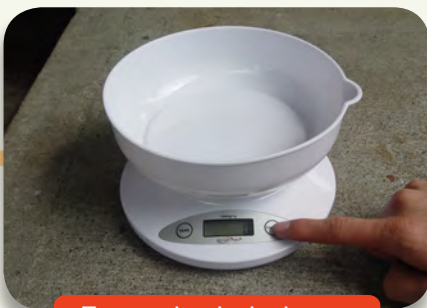
- ▶ Utilice el agua estrictamente necesaria. Si es posible para lavar emplee equipos de alta presión y bajo caudal (Hidrolavadoras)
- ▶ Verifique la limpieza antes de volver a usar el equipo y mantenga limpios paredes y pisos
- ▶ No almacene agroquímicos, combustibles y equipos de aplicación en este sitio
- ▶ La escoba y el cepillo deben ser exclusivos para el mantenimiento del beneficiadero
- ▶ Registre el mantenimiento
- ▶ Revise el estado y tensión de las bandas, limpie y engrase los rodamientos, bujes y chumaceras
- ▶ Reporte las partes que estén en mal estado
- ▶ Evite mojar el motor, las partes eléctricas y las bandas



14 Procedimiento aplicación del método Gravimet



Café bien lavado y escurrido por al menos una (1) hora



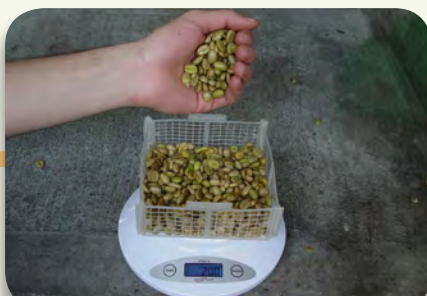
Encender la balanza



Pesar la canastilla vacía



Colocar la canastilla sobre el piso del secador



Pesar 200 g de café lavado y escurrido con granos completamente sanos



Descontar el peso de la canastilla sobre la balanza



Homogeneizar la altura de la capa de café en el secador con la canastilla



Revolver el café del lote y el de la canastilla



Retirar el café del secador cuando esté entre 104 y 105 g



Pesar y registrar diariamente el peso de la canastilla

15 Procedimiento Gravimetet secado mecánico

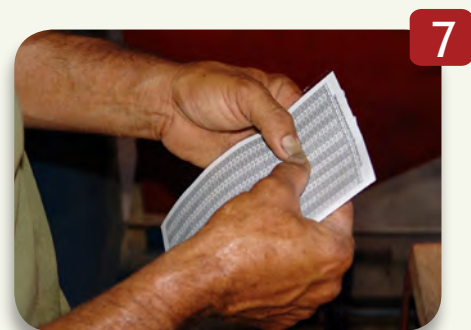
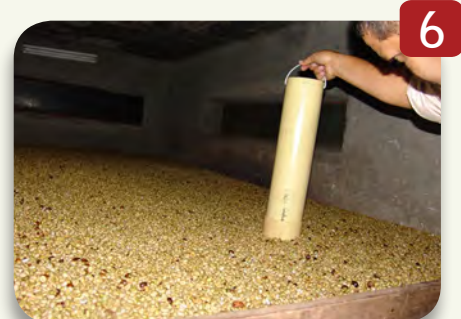
Procedimiento a seguir para la medición de la humedad del café durante el secado mecánico, Gravimet-SM

- 1 Fije el porta-receptor sobre la malla del silo
- 2 Cargue el silo con café escurrido (Por lo menos de 30 a 45 min.) y mida la altura de la capa de granos
- 3 Seleccione una cantidad de café escurrido (dependiendo de la altura de la capa) dejando únicamente granos sanos, sin pulpa y frutos sin despulpar
- 4 Descargue el café seleccionado en el receptor de granos, hasta lograr una altura igual a la de la capa a secar



Procedimiento Gravimet secado mecánico

- 5** Pese el café contenido en el receptor (Peso inicial), registre el valor en el formato
- 6** Coloque el receptor de granos en el cilindro porta-receptor
- 7** Consulte en la tabla de humedad, el peso que deberá alcanzar el café contenido en el receptor para que su humedad esté entre el 10% y 12%
- 8** Inicie el proceso de secado, registre la fecha y hora de inicio. Después de 15 horas, pese nuevamente el café contenido en el receptor de granos
- 9** Compare el valor observado con el esperado. Si el peso en ese momento es superior de 40 a 50 g del peso final esperado, el proceso de secado está en la etapa final. En caso contrario debe pesar el café cada media hora hasta lograr este valor



16 Registros para el manejo y control de costos de producción en la empresa cafetera

Rubén Darío Medina Rivera, Carlos Gonzalo Mejía Mejía,
Diego Fabián Montoya, José Raúl Rendón Sáenz

Para la realización de cualquier actividad agrícola productiva, no sólo se necesita conocer las tareas que se llevan a cabo, sino saber la frecuencia y los insumos requeridos. Esto es, hacer de la actividad productiva un proceso sistemático y ordenado, donde la recopilación y organización de los datos, obedecen a una necesidad de conocer, controlar y tomar decisiones.

Específicamente, la producción de café es una actividad que requiere de un sinnúmero de labores, que se suman para generar un resultado final, que al no ser tenidas en cuenta, podría incrementar costos, bien sea por reproceso o ineficiencia en la realización de dichas labores.

La pretensión de llevar datos es finalmente saber qué recursos se están utilizando y cómo se están aprovechando, además de ayudar a establecer metas de crecimiento, proyectar costos, ventas e ingresos.

Para comenzar, es necesario tener una imagen del predio. Para esto, se sugiere al empresario caficultor, dibujar el croquis de la finca y delimitar lotes, buscando que sean homogéneos, bien sea por la variedad o edad del cultivo. Este dibujo puede hacerse a mano alzada o preferiblemente con la ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS).

Posteriormente, se identifican los lotes, bien sea con un nombre o un número que facilite el registro de la información referente a las características de los lotes, como se presenta en la Tabla 1. Esta identificación es importante debido a que las actividades se registran por lote.

Tabla 1.

Descripción de las características de los lotes de la empresa cafetera.

Lote	Área	Número de sitios	Número de tallos	Variedad	Fecha de siembra o zoca
El Pedrero	0,90	3.653	2	Colombia	12-05-2007
La Loma	2,47	8.618	1	Caturra	05-04-2009
...		
2	0,80	7.466	1	Castillo	02-02-2012
6	1,00	8.000	1	Castillo	12-10-2008

Registros para el manejo y control de costos de producción en la empresa cafetera

La información de labores diarias puede registrarse en una única planilla, en la cual se indique la fecha, el lote, la labor realizada, las cantidades de insumos, expresadas en jornales, kilogramos, unidades o litros. En la Tabla 2 se presenta el formato, con los campos requeridos, y un ejemplo que ilustra cómo puede diligenciarse la información.

Con los registros diarios puede construirse una estructura, que permite determinar los costos por etapa del cultivo (Tabla 3), discriminando la información por mano de obra e insumos para cada lote.

Para llevar registros de labores diarias y obtener costos de producción, puede descargar el formato en Excel en la página web: www.cenicafe.org.

Tabla 2.

Planilla para el registro de las labores diarias en la empresa cafetera.

Fecha	Lote	Labor	Cantidad	Unidades			Valor (\$)	Producto	Cantidad	Unidades		Valor (\$)	Valor total (\$)
				Jornal	kg	Unidad				L	kg		
Jun 03/2013	2	M.I.A herbicida	2,5	x			57.500	Roundup	1,0	x		13.000	70.500
Jul 20/2013	1	Re-Re	2	x			46.000						46.000
Jul 20/2013	3	Re-Re	1	x			23.000						23.000
Jul 20/2013	Ben	Beneficio	0,2	x			4.600						4.600
...
Sep. 15/2013	4	Recolección café cereza	520		x		208.000						208.000
Sep. 15/2013	3	Recolección café cereza	470		x		192.000						192.000
Sep. 20/2013	2	Fertilización	3	x			69.000	17-6-18-2	140		x	474.040	543.040
...
Nov 25	Alm.	Almácigo, descope de colino	700			x	28.000						28.000

Registros para el manejo y control de costos de producción en la empresa cafetera

Etapas del cultivo

La mayoría de las etapas del cultivo están asociadas a los estados fenológicos de la planta, en los cuales se requiere de una serie de labores para conformar un ciclo de producción. En la Tabla 3, se presentan las etapas para un ciclo de producción del cultivo de café.

Tabla 3.

Etapas, labores generales y tiempo estimado por etapa, en el proceso del cultivo del café.

Etapa	Labores	Resultado	Tiempo estimado* (meses)
Primer ciclo			
Germinador**	Construcción, adecuación, control de enfermedades, siembra, riego, obtención de chapola	Chapola	2,5
Almácigo**	Obtención, mezcla de suelo, llenado y encarre de las bolsas, control fitosanitario, siembra de la chapola, mantenimiento caseta, manejo integrado de arvenses, polisombra, riego, fertilización, descope de colino	Colino de café	4,5
Levante	Preparación del terreno, trazo, ahoyado, aplicación de cal, siembra, resiembra, manejo integrado de arvenses, manejo integrado de plagas y enfermedades, fertilización	Planta de café	18
Producción	Manejo integrado de plagas y enfermedades, deschupone o podas, manejo integrado de arvenses, fertilización, cosecha	Café cereza	18 - 36
			36 - 48
			48 - 60
			60 - 72
Beneficio y postcosecha	Despulpado, fermentación, lavado, secado, empaque, transporte	Café pergamino seco	72 - 84
Segundo ciclo			
Renovación	Cosecha sanitaria, control biológico, desrame, zoqueo, control fitosanitario, retiro de la leña, deschupone, fertilización, manejo integrado de arvenses, resiembra	Planta de café en estado de zoca	18

* Depende de las características agroecológicas de la región.

** No siempre se realiza el germinador y almácigo en la finca, en ocasiones se hace la provisión a través de almácigos comerciales. De igual manera se registra el costo.

Autores del Manual del Cafetero Colombiano

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Gerencia General

Luis Genaro Muñoz O., Gerente General
Marcela Urueña G., Asesora Gerencia General

Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo

Luis Fernando Samper G., Gerente de Comunicaciones y Mercadeo

Servicio de Extensión

Carlos Alberto Saldías B., Líder Nacional de Extensión

Fundación Manuel Mejía

Margarita Buitrago R., Directora Ejecutiva (E)

Cenicafé

Dirección

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.

Disciplinas de Investigación

Calidad

Gloria I. Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.

Gestión de Recursos Naturales y Conservación

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Jorge Eduardo Botero E., Ecólogo Ph.D.
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Gloria María Lentijo J., Bióloga M.Sc.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico

Fisiología Vegetal

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis Fernando Gómez G., Ing. Agrónomo Ph.D.
Aristóteles Ortiz, Químico M.Sc.
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Ángela María Castaño M., Ing. Agrónomo

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Édgar Hincapié G., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga

Fitotecnia

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Víctor Hugo Ramírez B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Mejoramiento Genético

Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.
José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.
Juan Carlos Herrera P., Biólogo Ph.D.
María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph.D.
Húver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D
Carolina Pérez H., Ing. de Alimentos Esp.
Claudia Tabares A., Ing. Química

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc
Aníbal Arcila M., Ing Agrónomo

Agroclimatología

Álvaro Jaramillo R. Ing. Agrónomo M.Sc.
Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.
Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Sostenibilidad

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos, M.Sc.
Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. Bióloga y Química, M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Química
Angélica María Campuzano C., Ing. de Alimentos Esp.
Mario López L.

Ingeniería Agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola

Experimentación

Carlos Gonzalo Mejía M., Admr. de Empresas Agropecuarias
José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo
Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal
Diego Fabián Montoya, Agrónomo
Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo
Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo
Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org