CAPÍTULO 1

Generalidades

GENERALIDADES [1]

El fruto de café maduro, denominado **café cereza** (cc) está compuesto por la **pulpa,** formada por el exocarpio (epidermis) y parte del mesocarpio; el color de la epidermis varía de verde (clorofila) a amarillo y rojo (antocianinas) y depende de la variedad de café y del grado de maduración del fruto. Envuelto por la epidermis se encuentra el **mucílago** o mesocarpio, constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de aproximadamente 0,5mm de espesor, rico en azúcares y pectinas y que rodea los dos granos enfrentados por su cara plana. Los granos o **almendras** se encuentran revestidos por una doble membrana: la primera llamada comúnmente **pergamino** (endocarpio), de color amarillo pálido y de consistencia dura y frágil; la segunda, llamada **película plateada** (tegumento seminal) más fina que la anterior y adherida al grano (albumen). En la base del grano y sobre su cara interna se encuentra el **embrión** o germen.

Según la Norma de Calidades de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (68), café es todo aquel grano de café almendra, verde o **crudo** cubierto por el endocarpio (pergamino), el cual se encuentra **seco de trilla.** El **pergamino tipo Federación** debe estar fresco y presentar las características correspondientes, esto es, contenido de humedad entre el 10% y el 12% (base húmeda, b.h.); grano pelado hasta un 2% en peso con base en pergamino; guayaba y media cara hasta un 3% en peso, con base en pergamino; pasilla hasta un 5,5% en peso, con base en almendra; libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminación; libre de todo insecto vivo o muerto; color del pergamino uniforme; admite materia extraña y/o impurezas hasta un 0,5% en peso y la prueba de taza debe tener sabor y aroma característicos, libre de sabores defectuosos como fermento, producto químico, moho, reposo, etc. **Pasilla** es todo grano de café defectuoso, como: grano negro, cardenillo, vinagre, cristalizado, decolorado, mordido o cortado, picado por insectos, deformado, inmaduro, aplastado, flotador o balsudo y flojo. **Rendimiento en el beneficio del café** es la relación entre la masa del café cereza recibido de los lotes de producción y el café pergamino seco, tipo Federación obtenido en el beneficio. **Rendimiento en la trilla** es la relación entre la masa del café pergamino y el café excelso de exportación.

[1] En el Apéndice A se presentan las densidades y relaciones aproximadas entre cada uno de los estados del café y de sus subproductos.

Grano trillado o pelado es aquel que por acción de distintas fuerzas presenta pérdida de más de la mitad de su pergamino. Grano **almendra o verde** es el grano de café seco, sin el pergamino. Grano **mordido** es el que, por diferentes causas, presenta ruptura de la almendra. Grano **guayaba,** aquel que después del proceso de beneficio permanece recubierto por la totalidad de la pulpa seca. Grano **mediacara** es aquel que después del beneficio permanece recubierto por más de la mitad de la pulpa. **Impurezas** son los residuos de pulpa, pergamino y materiales extraños al café pergamino seco.

Se denomina comúnmente como **café corriente** al grano de café que no cumple con las exigencias del café tipo Federación, pero que dadas sus aceptables características, se comercializa.

La unidad de medida de peso del café comúnmente utilizada en Colombia es la **arroba** (@) que equivale a 12,5kg. La **carga** equivale a 10 arrobas.

La pulpa y el mucílago del café no son elementos tóxicos o venenosos; por el contrario, son productos orgánicos que debidamente manejados pueden representar un alto valor agregado para el caficultor. En particular, como se demostrará en este trabajo, en su forma simple o mezclados tienen uso inmediato para producir abono orgánico y proteína animal de buena calidad.

La **contaminación** que la pulpa y el mucílago producen se debe a que parte de su materia orgánica se disuelve o queda en suspensión en las aguas, en las diferentes etapas del transporte y del beneficio. El material orgánico disuelto puede retirar o consumir muy rápidamente el oxígeno del agua que lo contiene, en un proceso natural de oxidación. La pulpa y el mucílago contenidos en un kilogramo de café cereza (cc) pueden retirarle todo el oxígeno a 7,4 metros cúbicos de agua pura, propiciando su rápida putrefacción en 24 horas.

La pulpa separada del grano en ausencia de agua representa el 72% de la contaminación potencial en un proceso de beneficio tradicional. El mucílago que queda sobre el grano representa el 28% restante. Si el café se deja en tanques con agua corriente se genera contaminación adicional a medida que el grano pierde materia seca por difusión. La contaminación potencial que puede causar la pulpa mal manejada es muy alta, debido a su alto contenido orgánico y debido a que, si se transporta hidráulicamente, puede perder hasta la mitad de su contenido de materia seca. La producción de pulpa anual fresca en Colombia es del orden de 2,5 millones de toneladas y la del mucílago de 1,3 millones.

Es práctica muy común en el beneficio de café por vía húmeda en Colombia y en otros países productores de café, utilizar agua en prácticamente todas las etapas del proceso del café: en el transporte del campo a los beneficiaderos, por medio de cafeductos; en las tolvas húmedas de recepción del café cereza; en el transporte del café cereza a los tanques sifones (clasificadores hidráulicos de café cereza por

diferencia de densidad); en el transporte del café cereza a las despulpadoras; en el transporte de la pulpa al lugar de su depósito, o a las quebradas y ríos; en el transporte del café en baba a los tanques de fermentación; en el lavado del mucílago fermentado; en las diferentes etapas de clasificación del café cereza o del café pergamino húmedo y en el transporte del café lavado a los secadores.

1.1. DEFINICIÓN

No obstante es posible elaborar una definición muy completa sobre beneficio ecológico del café, en la cual se consideren las diferentes posibilidades de alterar el ambiente en las diferentes prácticas, incluyendo la contaminación del aire en el secado del café y la del ruido producido por los equipos, entre otras, este trabajo se limita a la alteración que se hace del agua utilizada, la más importante, y que se constituye en problema grave en prácticamente todos los beneficiaderos que funcionan en Colombia y en los países en los que se procesa el café por vía húmeda.

Una definición satisfactoria es la siguiente : **"Beneficio ecológico del café por vía húmeda es un conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios, lográndose además, el aprovechamiento de los subproductos lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria para el beneficio"**.

El **lavado** del café, es el único proceso en el que se requiere indispensablemente el agua. En los trabajos de investigación de Cenicafé (192) se demostró que es posible efectuar un lavado completo del mucílago fermentado con menos de 5 litros (L) de agua por kilogramo de café pergamino seco (cps) y que con solo 2L/kg cps, es posible retirar cerca del 90% del mucílago que queda en contacto con el café pergamino, después de la fermentación (Sección 3.8.). También se encontró (112) que es posible desmucilaginar el café mecánicamente, lavarlo y limpiarlo, con consumos de agua de 0,6L/kg cps (Sección 3.10.). Los valores de consumo de agua mencionados están muy distantes de los valores reales de consumo de agua en muchos de los beneficiaderos existentes, donde se utiliza alrededor de 40L/kg cps. Por tanto, el potencial de reducción de agua y la disminución de la contaminación causada en el beneficio húmedo del café es muy grande.

Finalmente se ha demostrado que los productos tradicionalmente contaminantes, la pulpa y el mucílago, pueden ser manejados adecuadamente en el mismo momento en que se efectúa el beneficio, para controlar más del 90% de la contaminación potencial. A esta tecnología se le ha denominado **BECOLSUB** (**BE**neficio **ECOL**ógico y Manejo de **SUB**productos). Al elemento principal del módulo, el desmucilaginador mecánico, se le denominó **DESLIM** (**DES**mu-cilaginador **L**avador – **LIM**piador) y se describe ampliamente en la Sección 3.10.4.

1.2. PROCEDIMIENTOS COMPLEMENTARIOS PARA REALIZAR EL BENEFICIO ECOLÓGICO DEL CAFÉ

Existen en principio dos prácticas, mutuamente complementarias, para realizar el beneficio ecológico. La primera consiste en racionalizar el proceso de beneficio convencional eliminando las etapas no necesarias como el transporte hidráulico, la fermentación del mucílago, la excesiva clasificación o separación del café, disminuyendo el consumo de agua. El segundo consiste en eliminar la materia orgánica contenida en las aguas residuales del beneficio.

La racionalización del beneficio tradicional permite además, utilizar casi la totalidad de los materiales contaminantes (pulpa y mucílago) para transformarlos en productos de mayor valor, como son el lombricompuesto y la proteína animal (Capítulo 6).

Si se utiliza el desmucilaginador mecánico y en particular la última versión del equipo DESLIM desarrollado en Cenicafé (112), es posible disponer simultáneamente y en flujo continuo de: **mucílago** altamente concentrado mezclado con **residuos** provenientes de los granos guayabas y mediacaras, de granos y pasillas trituradas que no resistieron los esfuerzos mecánicos, y de **pulpa**. Estos elementos se mezclan uniformemente en un tornillo sinfín (Sección 3.13.), que es además un mecanismo de transporte que genera un nuevo tipo de sustrato fácilmente consumido por la lombriz roja (*Eisenia foetida*). De esta forma es posible controlar aproximadamente el 92% de la contaminación potencial utilizando métodos físicos. El café lavado y limpio que proviene del desmucilaginador, puede ir directamente al secador. Si la materia prima no es de muy buena calidad, se aconseja utilizar un método de clasificación complementario como el hidrociclón (Sección 3.11.).

La inclusión o utilización de un desmucilaginador mecánico, que no reúna las características descritas, no garantiza que la contaminación disminuya. Por el contrario, si se utiliza un desmucilaginador no optimizado en su construcción y operación y volúmenes de agua superiores a 1,0 litro por kilogramo de café pergamino seco, o no se mezclan la pulpa y los residuos liberados, la contaminación causada es muchas veces mayor que la que se obtendría sin la introducción del desmucilaginador mecánico. En efecto, el uso de desmucilaginadores que no tengan en cuenta las características indispensables anotadas, origina mayor contaminación por la introducción de nuevos elementos originados en el funcionamiento del desmucilaginador, en comparación con la técnica del despulpado sin agua, fermentación convencional, el lavado racional y el manejo apropiado de la pulpa.

El segundo procedimiento de beneficio ecológico, como lo conceptúa Cenicafé, consiste en eliminar la materia orgánica de las aguas contaminadas por diferentes medios, incluyendo los **biorreactores** (191,194). El método puede ser utilizado para tratar las aguas de lavado, (192) después de efectuar la fermentación convencional del mucílago del grano. Este procedimiento permite reducir el 90% de la

contaminación de las aguas de lavado, lo que equivale a evitar el 25% de la contaminación total, que sumada a la reducción del 72% por el manejo adecuado de la pulpa, permite un control global del 97% de la contaminación potencial. Los adelantos de Cenicafé en el desarrollo de biodigestores se presentan en el Capítulo 8 y en la reciente publicación de Zambrano *et al* (194).

Es posible utilizar el sistema de descontaminación de las aguas por medio de biorreactores, como complemento de la tecnología BECOLSUB, en grandes fincas y en Centrales de beneficio, para descontaminar el 8% de contaminación existente en los líquidos que no es posible controlar, hasta el momento, por los métodos físicos.

1.3. CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR EL BENEFICIO DEL CAFÉ

La utilización del oxígeno del agua por los residuos orgánicos del beneficio del café, pueden ocasionar los siguientes problemas:

- Muerte de los animales acuáticos y de las plantas por falta de oxígeno y por la alta acidez del agua.
- Proliferación de microorganismos indeseables.
- Impotabilidad e inutilización de las aguas para el uso doméstico.
- Inutilización de las aguas para el uso industrial, incluyendo el beneficio del café en otros beneficiaderos.
- Proliferación de malos olores, atracción de moscas y otros insectos y deterioro del paisaje.

1.4. CONSUMO DE AGUA Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Teniendo en cuenta que tradicionalmente el beneficio del café utiliza aproximadamente 40L de agua por kilogramo de café pergamino seco, (12,5 % en el despulpado; 37,5% en el lavado y transporte del grano y 50% en el transporte de la pulpa) se necesitarían 46 millones de metros cúbicos de agua al año para realizar el beneficio de 16,7 millones de sacos de café verde (60kg) en Colombia. Este volumen es equivalente al consumo humano de una ciudad de 840.000 habitantes en un año, asumiendo que cada persona consume 150L de agua por día.

Además, es indispensable disponer de suficiente cantidad de agua almacenada para evitar pérdidas completas durante el beneficio, en caso de que no se disponga de cantidades suficientes en las fuentes de suministro directo.

El volumen de los tanques de almacenamiento se calcula dependiendo de la disponibilidad de agua en la región. El valor mínimo recomendado es el equivalente por lo menos, al consumo en 2 **días pico**[2]. El volumen de los tanques de almacenamiento de agua necesario para el beneficio nacional sería, por tanto, de 1,84 millones de metros cúbicos, lo que representa un costo de aproximadamente 140 mil millones de pesos (US $70,5 millones).

1.5. EVALUACIÓN PARCIAL DEL BENEFICIO ECOLÓGICO DESARROLLADO POR CENICAFÉ

Cuando se adoptó el programa de estímulos para la conversión de beneficiaderos convencionales en beneficiaderos ecológicos en 1994 (69) la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros contrató los servicios de investigación de la Universidad de los Andes, para que se evaluara económicamente el programa.

Después de la primera fase de adopción del programa en más de 3.000 fincas y entrevistados 370 caficultores en todos los Comités del país, considerada la opinión de los Directores Técnicos de los Comités Departamentales de Cafeteros, los ingenieros de beneficio y los Extensionistas, el equipo de evaluación de UNIANDES concluyó que la inversión podría ser **rentable** para la mayoría de los caficultores. La inversión se podría pagar generalmente entre uno y tres años. Además, se recomendó que el modelo BECOLSUB (Sección 3.14.), que contiene la tecnología optimizada, debería adoptarse como la opción básica. (23).

[2] Día pico es aquel en el que se procesa la mayor cantidad de café en la finca. La capacidad global del beneficiadero se diseña con base en este valor.