CAPÍTULO 2

La Calidad del Café

LA CALIDAD DEL CAFÉ

2.1. ASPECTOS GENERALES [3, 4]

La calidad de los alimentos se define según su valor nutritivo, estado sanitario, características organolépticas y aceptación del consumidor. El valor nutritivo indica cómo contribuye un alimento a una dieta balanceada, por su composición en proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas esenciales para la salud. Sanitariamente implica la ausencia de agentes contaminantes químicos y microbianos en el alimento. El sabor, el aroma, el color, la textura son propiedades sensoriales de los alimentos.

Desde el punto de vista del consumidor se pueden distinguir varios niveles de calidad: calidad esperada de un producto, calidad inducida por una marca, clase o procedencia y calidad efectiva, la cual mide las características del producto y permite aceptarlo o rechazarlo (15, 84).

Para algunos productos como el café, las **características sensoriales** son más importantes que su valor nutritivo.

La apariencia, el color y el olor del grano de café pergamino, almendra y tostado, así como las cualidades organolépticas de la bebida que comprenden el aroma, la acidez, el amargor, el cuerpo y el sabor, constituyen la calidad física y organoléptica del café (133, 143, 147).

Más de cuatrocientos compuestos orgánicos e inorgánicos contribuyen al **sabor** distintivo del café, en tanto que el aroma está constituido por más de setecientas sustancias, principalmente aldehídos, cetonas, ésteres e hidrocarburos de bajo peso molecular (90). Muchos de estos compuestos se encuentran en trazas y no puede considerarse uno solo, como el componente primario del café. De hecho, muchos de sus componentes naturales, cuando se separan de éste y se concentran, tienen

[3] Preparado por Puerta Q., G. I. Química Industrial, Cenicafé.

[4] Para el más adecuado entendimiento de esta sección, con relación a términos descriptivos de la calidad del café, de uso internacional, se incluye en el capítulo 9, Apéndice B, la descripción y origen de los principales sabores y términos organolépticos del café (15, 57, 143).

sabores y olores muy diferentes al café. Otros componentes son inestables y se evaporan o combinan con otros formando compuestos con otros sabores y olores (44, 47, 49, 90).

El **análisis organoléptico o sensorial**, es decir, el estudio de aquellas propiedades de los alimentos que afectan los órganos de los sentidos del consumidor, es hasta ahora el método más eficiente para evaluar la calidad del café. Las características de color, apariencia, olor y sabor de los alimentos, estimulan la visión, el olfato, el tacto y el gusto produciendo sensaciones que van al cerebro, donde ocurre la percepción o correlación de impresiones sensoriales, lo cual se traduce en un juicio por medio del cual se determina si un producto es aceptado o rechazado (15, 84, 89, 90, 97, 139, 140, 143, 147).

A diferencia del consumidor común, quien expresa su aceptación del producto con un simple "me gusta" o "no me gusta", un panel de catación entrenado para un producto clasifica, describe y califica las características utilizando términos y escalas propias para cada alimento (15, 90, 139, 143).

Las características sensoriales indican no sólo la calidad comercial final del grano, sino que también permiten establecer las características deseables del proceso de beneficio y los cuidados con el café, desde su cultivo hasta la obtención de la bebida.

La **calidad del café colombiano** ha sido apreciada y mundialmente reconocida por los países consumidores, como una de las mejores dentro de los cafés arábicos. Esta calidad está determinada genéticamente e influenciada por muchos factores, como las condiciones de cultivo, el clima, el suelo, los cuidados fitosanitarios y las prácticas agronómicas en general, así como por la calidad de la cosecha, el tipo y control durante el proceso de beneficio, la trilla, la torrefacción y la preparación de la bebida (16, 17, 27, 53, 66, 67, 93, 97, 100, 131, 133, 136, 138, 141, 142, 143, 147, 167, 183, 184, 185, 198).

Existen también marcadas diferencias en las calidades y preferencias entre los países consumidores de café. Por ejemplo, los franceses e italianos prefieren una bebida con amargor y cuerpo altos, mientras que a los alemanes les gusta una taza con altas calificaciones de acidez y aroma, y moderado cuerpo.

A continuación se presentan algunos resultados de investigaciones sobre calidad del café colombiano en relación con las variedades, el tipo de beneficio y las condiciones de beneficio y almacenamiento del café.

2.1.1. La calidad de las variedades de café cultivadas en Colombia

El café pertenece a la familia Rubiacea y al género *Coffea*. Dos especies tienen importancia económica en el mundo: *Coffea arabica* Linneo y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, las cuales se conocen comercialmente como cafés arábicos y

cafés robustas, respectivamente (44, 47, 49, 167, 183, 185). Los cafés arábicos presentan aroma y acidez pronunciados mientras que los robustas se caracterizan por su mayor cuerpo (84, 167). Ambas especies se distinguen por sus características botánicas, genéticas, agronómicas, químicas y morfológicas (47, 84). El 80 % de la producción mundial corresponde a la especie *C. arabica* que se cultiva principalmente en los países centroamericanos, Colombia, Brasil, en algunos países asiáticos como la India y africanos como en Kenya y Etiopía. La mayoría de los cafés robustas se cultiva en el Africa, Indonesia y Brasil (47).

La especie ***C. arabica*** tiene su origen en las montañas de Etiopía y es el resultado de un cruzamiento entre dos especies silvestres de café, seguido por una autoduplicación espontánea de sus cromosomas (47, 53, 84, 108, 167, 185). Históricamente se han distinguido dos variedades de *C. arabica*: *C. arabica* var. *arabica* (sinónimo var. Típica), la cual se cultivó en los jardines botánicos holandeses y fue introducida por los franceses al Caribe, de allí se difundió a los países de Centro y Sudamérica y C. *arabica* var. Bourbón cultivada por los franceses en la isla Bourbón o Réunion (47, 122). Todas las variedades de *C. arabica* cultivadas en el mundo se derivan de estas dos variedades.

El café llegó a Colombia a finales del siglo XVIII al departamento de Santander (67); desde allí se difundió hacia los departamentos, hoy mayores cultivadores del grano: Antioquia, Tolima, Caldas, Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Cundinamarca y Nariño, entre otros. Al principio en Colombia se cultivó la variedad Típica; a finales de la década de los 20 se introdujo a Colombia la variedad Bourbón por su alto rendimiento en producción. Después de 1952 se introdujo en Colombia la variedad Caturra desde el Brasil.

Desde la década de los 80 se cultiva la variedad Colombia desarrollada en Cenicafé, proveniente de la variedad Caturra y el Híbrido de Timor. Este material presenta resistencia a la roya del cafeto (34, 108).

En la actualidad hay en Colombia cerca de 900.000 hectáreas sembradas con cafetales (41, 67), de las cuales el 70 % están tecnificadas y están sembradas con variedad Colombia unas 300.000; el resto corresponde prácticamente a cultivos tradicionales de variedades Típica, Caturra y Borbón, principalmente (34).

La **calidad de la bebida** de la variedad Colombia fue uno de los aspectos más tenidos en cuenta en su desarrollo y mejoramiento y se evaluó a través de la investigación por paneles de catación nacionales e internacionales (34, 108, 109, 122), antes de su liberación como variedad comercial.

En Cenicafé y con la cosecha de 1995, de lotes experimentales de variedades de café se evaluó la calidad de la bebida preparada con las principales variedades de *C. arabica* L. cultivadas en Colombia: Típica, Caturra, Borbón y Colombia de fruto rojo y amarillo. Se analizaron las cualidades sensoriales: intensidad del aroma del café molido, aroma, acidez, amargor, cuerpo e impresión global, de muestras de

café procesadas mediante beneficio húmedo controlado y preparadas bajo condiciones normalizadas de tostación y molienda (139). Se realizaron **1.100 pruebas sensoriales** descriptivas, cuantitativas y comparativas. Para la calificación de la bebida se utilizó una escala de 9 puntos, donde 9 califica las mejores tazas y 1 a las peores (35, 56, 57, 135, 140). Se demostró que la calidad de las variedades de café de *C. arabica* cultivadas en Colombia es muy homogénea y presenta características generales de suavidad en cuerpo y amargor, y pronunciados aroma y acidez (Tabla 1).

También se comprobó que la variedad Colombia se destaca por su alta acidez y amargor pronunciado, en tanto que la variedad Borbón presenta características equilibradas y suaves. La variedad Típica produce tazas muy suaves y limpias y en la variedad Caturra se destacó su acidez y aroma. Es de anotar que en pruebas realizadas con comparaciones múltiples, para identificar cinco variedades, solo en el 28% de los casos se seleccionó correctamente la variedad correspondiente y todas las variedades fueron confundidas con las otras por los siete integrantes de los páneles de catación, al menos una vez, y no resultó de ningún modo fácil seleccionar la variedad correcta por ninguno de ellos cuando se hizo tostación uniforme de la muestra (139).

2.1.2. El beneficio húmedo de café y su influencia en la calidad

De todos los factores que afectan la calidad de una taza de café, el beneficio o proceso de transformación del grano de café cereza en pergamino seco es el que más se ha investigado, describiéndose el efecto que cada una de las etapas de este proceso tiene en la calidad física y organoléptica del café (47, 67, 97, 100, 133, 136, 137, 143, 167, 183, 185). Es así como se hace la distinción entre cafés arábicos procesados por vía húmeda y por vía seca. Mientras que los primeros, como los colombianos, se catalogan como **suaves lavados** por sus características moderadas de amargor y cuerpo, y por su acidez y aroma pronunciados, los arábicos procesa-

Tabla 1. Calificación de las características sensoriales de las variedades de café *Coffea arabica* L. cultivadas en Colombia*.

Característica sensorial	Variedad				
	Borbón	Caturra	Colombia amarillo	Colombia rojo	Típica
Aroma del café tostado y molido	7,06	7,24	7,00	7,14	6,84
Aroma de la bebida	7,09	7,28	7,08	7,17	7,06
Acidez	7,11	7,33	7,11	7,40	6,63
Amargor	7,17	6,52	7,34	6,97	6,26
Cuerpo	7,09	7,06	6,94	7,21	6,69
Impresión global	**7,07**	**7,04**	**7,07**	**7,26**	**6,67**

* Resultados de 1.100 análisis para cada característica sensorial.

dos por vía seca, como en el Brasil, se estiman por su mayor cuerpo y amargor y moderada acidez (17, 47). Del mismo modo, la falta de control durante los procesos de fermentación y secado ocasionan defectos en el café como el fermento, **stinker**, tierra, fenólico, mohoso, decolorado y cristalizado, que ocasionan su rechazo (16, 97, 100, 133, 136, 138, 142, 143, 167, 185, 198). La mayoría de los otros aspectos, en particular los agronómicos y de condiciones de cultivo, han sido apenas estudiados en relación con la calidad del café.

En Colombia y varios países centroamericanos como Costa Rica, Guatemala, México, El Salvador y algunos del centro del Africa como Kenya, se beneficia el café tradicionalmente por vía húmeda. Este proceso comprende las siguientes etapas: recolección, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado. La mayoría del café robusta en el Africa se procesa por vía seca, aunque la mitad del robusta del Zaire se beneficia por vía húmeda.

En el Brasil se procesa café *C. arabica* por vía seca (183). El proceso de beneficio en seco consta de menos etapas que el proceso por vía húmeda, pero se requiere de más tiempo hasta obtener la almendra de café para la exportación, ya que el café cereza se seca directamente y luego se retira la cáscara seca que comprende la pulpa, el mucílago y el pergamino, por medio de una máquina peladora (53). El color de la almendra del café beneficiado por vía seca es amarillo o café, mientras que la almendra procedente del beneficio húmedo presenta una coloración verde, cuando se controlan las condiciones del proceso de beneficio del café (183).

Durante cada una de las etapas del proceso de beneficio húmedo se puede afectar la calidad del café. Los defectos más graves tales como el grano fermento en cualquiera de sus grados: agrio, fruta, cebolla, rancio, **stinker**, se originan por malas prácticas durante las etapas del beneficio, como recolección de altos porcentajes de grano sobremaduro, retraso entre en proceso de despulpado y separación del mucílago de café, sobrefermentación, el proceso de mezclas de café cosechado y despulpado en diferentes días y el uso de aguas sucias para el lavado. Por falta de control del proceso de secado del café se originan la mayoría de los defectos: fermento, vinagre, cristalizado, decolorado, manchado, aplastado, flojo y sucio. Una inadecuada recolección genera también una gran cantidad de defectos (16, 27, 44, 46, 49, 53, 66, 67, 84, 97, 100, 131, 133, 135, 136, 138, 142, 143, 147, 167, 183, 185, 198).

En la Tabla 2 se presentan los defectos más comunes del café almendra y de la bebida.

Para obtener una **taza** de café de buena calidad y equilibrada en todos sus cualidades sensoriales, cuando se procesa el café por la vía húmeda tradicional, se requiere de control en cada una de las etapas de beneficio, así: recolección de cereza madura, despulpado 6 a 8 h después de la recolección, fermentación natural llevada a cabo en un tanque limpio hasta que se haya desprendido totalmente el mucílago,

Tabla 2. Defectos del grano y de la bebida de café de acuerdo con la etapa del proceso de cultivo, beneficio y trilla.

Etapa de proceso		Número de defecto*
Cultivo:	Contaminación química o microbiana	20
	Enfermedades o plagas	1, 3, 8
	Deficiencias nutricionales de la planta	1, 5, 10, 16
Recolección		1, 3, 6, 7, 11, 12, 15, 21
Despulpado		3, 7
Fermentación		1, 2, 3, 6, 19
Lavado		3, 6, 19
Secado		2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 19, 20
Almacenamiento		2, 13, 18, 19, 20, 22
Trilla		9, 12, 17

*1 Negro o parcialmente negro, 2 Cardenillo, 3 Vinagre (fermento, **stinker**), 4 Cristalizado, 5 Decolorado (blanqueado), 6 Manchado, 7 Mordido y cortado, 8 Picado por insectos (atacado por broca), 9 Partido, 10 Malformado o deformado, 11 Inmaduro, 12 Aplastado, 13 Flotador o balsudo, 14 Flojo, 15 Negro balsudo, 16 Vano, 17 Astillado y partido, 18 Reposo, 19 Sucio, 20 Sabor fenólico, 21 Materias extrañas, 22 decolorado (ámbar o mantequilla).

proceso que puede durar de 12 a 18 h, dependiendo principalmente de las condiciones de temperatura del lugar de proceso; lavado con agua limpia para retirar los ácidos y alcoholes formados durante la fermentación. Inmediatamente después se debe realizar el secado uniforme y cuidadoso del café pergamino, para disminuir el contenido de humedad hasta el 10 ó 12% y finalmente, empacarlo y almacenarlo en condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y en ausencia de materiales y elementos olorosos como combustibles, abonos y pinturas, entre otros (53, 67, 97, 100, 133, 138).

En un beneficiadero ecológico, en el cual se propone reducir los consumos de agua para el procesamiento o lavado de café y eliminar la pulpa y el mucílago sin contaminar el agua, se debe considerar como condición esencial la conservación de la calidad física y de la bebida del café (133).

El efecto de cada una de las etapas de beneficio húmedo en la bebida de café se describe a continuación:

2.1.2.1. La cosecha

Los mayores defectos ocasionados por una inadecuada recolección son los aromas y sabores acres por la presencia de granos negros, los fermentos por la recolección de granos sobremaduros e inmaduros y también los sabores y aromas extraños y contaminados por la recolección de frutos perforados por insectos y contaminados.

2.1.2.2. El despulpado

En lo relacionado con el despulpado se presentan defectos por el retraso en la

separación del epicarpio del fruto o por la separación incompleta de la pulpa de los granos, ocasionándose en ambos casos café con aroma a fermento que se aprecia en el pergamino, defecto que se acentúa a medida que aumentan los porcentajes de grano sobremaduro en el café cosechado, el número de granos semidespulpados o se retrasan las operaciones de separación de pulpa y mucílago en el proceso de beneficio. Los granos mordidos y cortados se originan principalmente por mal ajuste de la máquina despulpadora, lo cual ocasiona alteraciones en la apariencia, el color y el tamaño, sin afectar generalmente la bebida.

En ensayos de almacenamiento a 4°C de café cereza maduro y pintón seleccionado se encontró que es posible conservar el café físicamente cuando se guarda la cereza hasta por 40h, pero la calidad de la bebida presenta el **defecto fermento**, el cual se acentúa mientras más se demore la realización de los procesos de fermentación, lavado y secado del café. En otras investigaciones, por medio de 480 análisis sensoriales, se determinó que cuando el proceso de remoción de mucílago se realiza rápidamente utilizando enzimas pectolíticas, el deterioro del café cereza almacenado es más lento. Después del almacenamiento del café cereza por 24h antes de su procesamiento, se afectó más el café de fermentación natural que aquel al cual se le removió más rápidamente el mucílago por medios enzimáticos. En el primero de los casos se detectó el defecto fermento hasta en el 50% de las tazas evaluadas, en tanto que para las muestras tratadas con las enzimas se afectaron del 10 al 27% de las tazas (134).

Cuando se realizó el despulpado inmediato del café, luego de la cosecha, no se presentaron diferencias entre la fermentación natural y la fermentación con adición de enzimas en cuanto a la calidad de la bebida, en ninguna característica sensorial. Por el contrario, a medida que se aumentó el tiempo de almacenamiento de la cereza de café se incrementó el porcentaje de tazas defectuosas por muestra, detectándose defectos como fermento, fenol y tierra.

El café pintón y maduro despulpado inmediatamente después del recibo, procesado por fermentación natural o enzimática, lavado con agua limpia y secado hasta humedad del 10 al 12% fue calificado de calidad aceptable (134).

2.1.2.3. La remoción del mucílago

Durante la fermentación natural actúan bacterias, levaduras y enzimas que transforman los compuestos pécticos y azúcares constituyentes del mucílago, en alcoholes y ácidos carboxílico, acético, láctico, propiónico y butírico, que luego se retiran con el lavado. En la fermentación, es crítico el tiempo de proceso, ya que por sobrefermentación se origina café con aroma y sabor a vinagre, piña madura, cebolla, rancio y nauseabundo. Del mismo modo, antes del lavado, es necesario que el café esté libre de mucílago, ya que si se lava antes de que esto ocurra se mancharía el pergamino, se dificultaría el secado y la bebida de café podría adquirir sabores a sucio o agrio. El proceso de mezclas de café cosechado y despulpado en diferentes

días, depositado en tanques para la fermentación y lavado posterior, causa también defecto fermento.

En ensayos acerca de la sobrefermentación y mezclas de café cereza se encontró que después de 20h se perciben en la bebida sabores a vinagre y piña, a las 40h el 37,5% de las muestras presentan el defecto fermento y **stinker**, a las 64h más del 75% de las tazas dan sabor nauseabundo (133).

Se determinó que para cosechas con 24% de granos sobremaduros y 23% de granos recogidos del suelo, la temperatura de la masa de café en fermentación asciende hasta 30 °C y se observa descenso del pH hasta 2,5, obteniéndose tazas con el defecto fermento. Muestras de café con contenidos superiores al 65%, entre granos pintones y maduros, dan buenas tazas (133).

Por medio de preparaciones enzimáticas se logra acelerar la remoción del mucílago de café y disminuir el tiempo en el proceso de beneficio. El manchado del pergamino por la coloración de la solución enzimática o por el lavado prematuro del café es un daño que puede originarse en el café por el uso de productos enzimáticos y puede afectarse la calidad de la bebida, como en el caso de la fermentación natural. Durante la cosecha de 1993 se evaluaron en Cenicafé tres productos enzimáticos (Novoferm 11, Novoferm 25, y SP 249) de la empresa danesa Novonordisk en el proceso de remoción del mucílago de café cereza verde, pintón, maduro y de recolección normal (137) Se midieron las condiciones de proceso para cada caso: temperatura, pH y tiempo, determinándose la calidad física de la almendra, la remoción de la cutícula plateada y la calidad de la bebida. Los resultados se compararon con los de café sometido a fermentación natural sin agua y bajo agua, y provenientes de **desmucilaginado mecánico**. Cada producto enzimático se evaluó en 3 dosis (0,025; 0,075 y 0,3g de enzima por kg de café baba). Se encontró que la remoción del mucílago era más rápida a medida que se aumentaba la dosis de enzima. La preparación Novoferm 11, redujo el tiempo de remoción hasta a 3,4h para café de recolección normal, conservándose la calidad física del pergamino, la almendra y la bebida en todas las características. Del mismo modo se determinó que el tiempo de remoción del mucílago cuando se adicionan enzimas depende del estado de madurez de la cereza; el café inmaduro se rechazó por su sabor acre y fermento, en tanto que los pintones obtuvieron calificaciones medias. El café maduro de fermentación natural presentó las mejores características sensoriales, destacándose su aroma y acidez. Le siguió el café de recolección normal.

Para evitar el deterioro de la calidad del café con el desmucilaginado mecánico se deben seguir básicamente las mismas recomendaciones que para un beneficio tradicional, así: no procesar granos verdes, ya que dan acidez astringente indeseable y defecto fermento; evitar el procesamiento de cafés con alto porcentaje de granos sobremaduros que pueden ocasionar sabores agrios y defecto fermento; no repasar café guayaba cosechado anteriormente debido a que la larga permanencia del grano con la pulpa, ocasiona pergamino manchado y sabores y aromas a fermento; verifi-

car que se haya retirado totalmente el mucílago del café para evitar pergamino manchado y bebida agria; lavar el café con agua limpia y secar de inmediato y cuidadosamente el café.

2.1.2.4. El lavado

Los mayores defectos que se ocasionan en la etapa de lavado se califican como pergamino manchado y sabores sucio, o fermento y contaminado, por el uso de aguas sucias. El lavado parcial del grano, dejando parte de mucílago o de los ácidos formados durante la fermentación, causa también el defecto fermento.

2.1.2.5. El secado

Las normas vigentes para la comercialización del café pergamino seco establecen un contenido de humedad entre 10 y el 12%. Humedades superiores al 13%, es decir, actividad del agua en el café mayor a 0,67, causan deterioro considerable presentándose ataque de hongos, el aspecto mohoso y el pergamino y la hendidura se manchan (133, 141). Durante el proceso de secado se rebaja **la actividad del agua del café**, por tanto, se inhibe el crecimiento de microorganismos y se disminuye la actividad enzimática; lo anterior favorece la calidad y estabilidad del producto. Los defectos más graves ocasionados durante el proceso de secado se originan por no iniciarlo inmediatamente después de lavado el café y por el amontonamiento de café pergamino húmedo. Además, se agrava la situación si el pergamino se empaca antes de estar completamente seco.

Con el objetivo de evaluar el deterioro en la calidad física y de la bebida de café por el mercadeo del café pergamino húmedo (sección 5.3.), se procesó café de recolección normal por sobrefermentación, pero lavado cuidadoso; posteriormente el café pergamino húmedo se almacenó hasta por tres días y luego se secó cuidadosamente. La bebida presentó defectos: sucio terroso, fenol y fermento (133).

También, se realizaron ensayos de almacenamiento de café pergamino con proceso controlado de beneficio hasta el lavado, almacenando posteriormente el café pergamino en agua hasta por tres días. Se detectó el defecto fermento, aún cuando el agua se cambió diariamente; no obstante, la apariencia del pergamino fue aceptable (133).

En otras investigaciones desarrolladas en Cenicafé durante el año de 1996 se realizó el proceso semihúmedo con café seleccionado maduro, que se despulpó y se secó con su mucílago, obteniéndose tazas con defecto fermento, más acentuado a medida que se tostaba el grano, con pérdidas superiores al 13%. El sabor resultante fue el de cereal dulzón para tostaciones bajas. Para café cereza maduro o verde procesado por vía seca se obtuvieron tazas con defecto **stinker**.

En el marco de las investigaciones desarrolladas en Cenicafé sobre las causas del **defecto fenólico** se encontraron hongos del género *Penicillium* en muestras de

café pergamino procesado y almacenado en fincas que habían presentado defecto fenol en los análisis sensoriales. El café pergamino analizado presentó apariencia sucia, color grisáceo y olor del compuesto característico a fenol, detectándose en todas las fincas evaluadas deficiencia en el proceso de secado por carencia de espacio y equipos, amontonamiento y mezclas de café pergamino húmedo y pasillas de diferentes humedades (136, 142).

2.1.2.6. El almacenamiento del café pergamino

Si se almacena café con humedad superior al 12% bajo condiciones de humedad relativa superiores al 70% y temperaturas por encima de 20°C, se favorece el deterioro rápido del producto, dando como resultado sabores a reposo, viejo y fenol. La apariencia del pergamino puede ser normal o sucia, pero el color de la almendra se deteriora apareciendo el grano decolorado y blanqueado. Para granos de café con humedad del 11% almacenado a 30°C se mantiene un equilibrio entre el agua del grano y la humedad del medio, siempre y cuando esta última sea inferior al 65%. (Sección 4.9.1.1) Para humedades relativas en el sitio de almacenamiento por encima de 74% se han encontrado hongos de los géneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Rhizopus* sp. (142). Algunas especies de hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* han sido reconocidas en la industria de alimentos como productores de micotoxinas, que afectan la salud del consumidor.

2.1.3. El beneficio por vía seca y su influencia en la calidad del café colombiano

En el caso del beneficio seco hay mayores riesgos de obtener café con el defecto fermento, debido a que el grano está mucho tiempo en contacto con la pulpa y el mucílago, subproductos que a su vez representan una barrera para la rápida disminución de la humedad en la cereza, la cual varía al inicio del proceso del 60 al 75% (53, 167). La calidad del café puede afectarse aún más si la cereza se rehumedece por el efecto de las lluvias, lo que ocasiona granos manchados y de coloración negra (53, 167). El secado de la cereza hasta un contenido de humedad del 12 al 20% puede durar varias semanas, lo cual favorece el crecimiento de hongos de los géneros *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. Esto ocurre especialmente en la región central del Brasil, donde la cosecha tiene lugar en la época húmeda; bajo estas condiciones los hongos pueden atacar la cereza desde el árbol y así los granos adquieren el **sabor a "río"** antes de ser cosechados, resultando el sabor aún más fuerte si la cereza no se revuelve frecuentemente durante el secado (53, 138, 167).

Con el fin de determinar la calidad del café colombiano procesado por **vía seca**, se realizaron 280 evaluaciones sensoriales a muestras de *C. arabica* L. var. Colombia de recolección normal, con contenidos en promedio del 42,4% de grano maduro, 18,8% de grano sobremaduro, 13,3% de grano pintón, 7,5% de grano verde y 18% de negros recogidos del suelo, que se secaron en cereza al sol hasta una humedad

final del 10 al 12%, medida por el método de estufa a 105°C. La cereza se trilló en una máquina peladora para café cereza seco. El secado requirió de 20 a 25 días y se obtuvo un café almendra de color amarillo a café, de aspecto muy cuticulado, olor a vinagre y la bebida fue rechazada por su muy baja calidad. Se presentaron defectos tales como fermento, **stinker** y fenol, percibidos en el aroma de la bebida, la acidez, el amargor, el cuerpo y la impresión global del café, en todas las muestras. Se demostró cómo los componentes químicos de la pulpa y del mucílago en contacto con la almendra de café durante el proceso de secado afectan la calidad de la bebida. Se concluyó que esta forma de beneficio no es recomendable para el café colombiano, si se quiere conservar su calidad y su suavidad tradicional, apreciadas por los países consumidores (138).

2.1.4. Principales defectos en la calidad del café

2.1.4.1. La broca del café

Este insecto no solo origina pérdidas económicas en la caficultura y en la calidad física del grano al afectar su apariencia, color y tamaño, sino que también altera la calidad de la bebida, afectando todas sus características organolépticas según el grado de daño y del porcentaje de granos perforados presentes en la muestra. Para contenidos del 50% de granos perforados por la broca en la muestra de café y grados de daño superiores al 30% se obtienen bebidas de café con olor nauseabundo, acidez acre o nula, amargor muy fuerte, cuerpo pesado y sabores nauseabundo, contaminado, carbonoso que hacen la taza imbebible. Se debe por tanto, adoptar la estrategia de manejo integrado de la plaga recomendada por la Federación de Cafeteros de Colombia.

2.1.4.2. El sabor fenólico

El defecto fenólico de la bebida de café se describe principalmente como riado, yodado, a farmacia, a medicina, a químico, a moho, a húmedo, a tierra húmeda, a caucho quemado, a madera, contaminado ó metálico. La cualidad sensorial de amargor varía desde muy amargo, pronunciado y quemado hasta el carbonoso e indefinible. La acidez se califica como muy baja, nula, picante o acre. El cuerpo puede ser sucio, muy áspero, espeso o pesado; el sabor es desagradable y la impresión global se califica de total rechazo (133, 136, 142).

Entre los factores que contribuyen a la aparición del defecto se tienen: la contaminación química y microbiana del café cereza o durante el proceso de beneficio por el uso de agentes químicos o materiales que contaminen el café; las deficiencias en el proceso de secado y el almacenamiento del café y la broca de café como causa indirecta, ya que sobre el grano con broca proliferan hongos como *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp., los cuales han sido aislados de muestras con el defecto (142). El compuesto 2, 4, 6 tricloroanisol ha reproducido sensorialmente las características

del defecto para concentraciones desde 0,01ppt del compuesto en café tostado y molido (136). Se ha demostrado que este compuesto puede ser el producto de la descomposición por hongos, de sustancias organocloradas (136, 142).

2.1.4.3. El defecto "stinker"

Como ya se mencionó las causas principales de este defecto se originan en la carencia de condiciones adecuadas en la recolección y en el inadecuado beneficio del café.

2.2. EFECTO DEL DESMUCILAGINADO MECÁNICO EN LA CALIDAD FÍSICA Y ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ (117)[5]

2.2.1. Eliminación del mucílago

En el beneficio del café por vía húmeda utilizado en Colombia y otros países Centroamericanos y Africanos para obtener los cafés denominados "suaves", el mucílago se elimina por medio de la fermentación natural. Cuando este proceso se controla se obtienen cafés con alta calidad en taza; sin embargo, en muchos casos se ejerce poco ó ningún control, especialmente cuando la producción es baja y el café despulpado de 2 ó 3 días se reúne en un mismo tanque dando origen a cafés con sabor a fermento y en casos más críticos, a cafés con defecto **"stinker"**. En ambos casos se ocasionan importantes pérdidas económicas, ya que los compradores rechazan estos materiales en el exterior.

El mucílago fermentado se retira del café lavándolo en el tanque (Figura 24) (en el caso de pequeños productores) o utilizando dispositivos como el canal de correteo (Figura 25) o el canal semisumergido (Figura 28) (36). Cuando el café se lava en el tanque de fermentación el consumo específico de agua se puede disminuir hasta 4,2L/kg de café pergamino seco (192). Cuando el café se lava y se clasifica en el canal de correteo el consumo de agua, sin recirculación, es de 39,0L/kg de cps. (36, 182). En el caso del canal semisumergido el consumo específico es del orden de 6,1L/kg de cps (95).

El **desmucilaginado mecánico** realizado con equipos apropiados permite remover rápidamente el mucílago (Secciones 3.10.7. y 3.14.) con ventajas sobre la fermentación natural, tales como: reducción significativa en el consumo de agua, reducción de la contaminación (las mieles altamente viscosas se pueden mezclar con la pulpa y retener más del 60% de estos efluentes líquidos) lográndose manejar más del 90% de la contaminación (144), obtener mayor cantidad de café seco gracias a la eliminación de las pérdidas de materia seca por respiración del grano (179, 180),

[5] Preparado por Oliveros T., C. E. y Roa M., G.

recuperar aproximadamente el 50% de los granos guayabas y medias caras (164), aumentar la utilización de los secadores (se puede iniciar el secado el mismo día) y reducir significativamente las estructuras civiles requeridas para el beneficio.

La contaminación generada por el lavado del café, en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) expresada en gramos de DQO/kg de café cereza, en el caso de la fermentación natural es de 30,0. Esta representa el 26,3% de la contaminación potencial generada por el beneficio húmedo del café (190). Mediante la adecuada utilización del desmucilaginado mecánico este valor se reduce a menos del 10% (144).

2.2.2. Calidad física del café desmucilaginado

La calidad física del café desmucilaginado depende del equipo utilizado y forma de operarlo, pero principalmente de la calidad del café cereza (contenido de frutos verdes, secos, impurezas) y del tratamiento previo y posterior al proceso: eliminación de flotes e impurezas en el café cereza, separación de guayabas y medias caras en el café en baba y separación de flotes, guayabas e impurezas en el café desmucilaginado.

Cuando el café proviene de la cosecha principal el porcentaje de granos verdes generalmente es inferior al 3% (186). En el caso de granos provenientes de cafetales sanos o con pocos problemas fitosanitarios, bajo contenido de guayabas, los cafés desmucilaginados son de alta calidad física y pueden estar dentro de las normas de compra establecidas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia : menos de 0,5% de impurezas, menos de 3,0% de guayabas y media cara y menos de 2,0% de granos mordidos y trillados (68).

En la Figura 1 se presentan los resultados de la **calidad física** de café obtenido de 29 evaluaciones a café de recolección normal, pergamino húmedo (53% de humedad) procesado en un desmucilaginador (lavador y limpiador) de flujo ascendente desarrollado en Cenicafé (117). Al café cereza utilizado en las evaluaciones se le

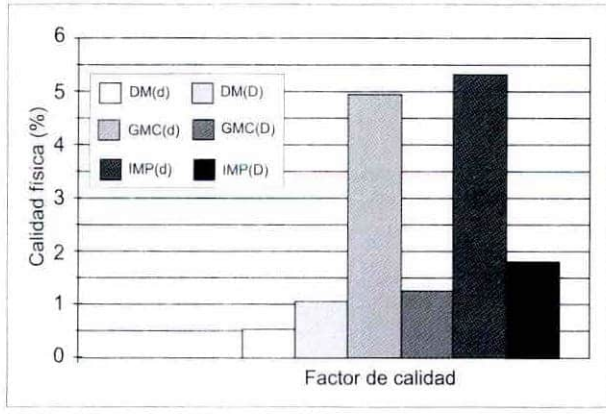

Figura 1. Efecto del desmucilaginado mecánico en la calidad física de café: daño mecánico (DM), guayaba y media cara (GMC) e Impurezas (IMP), después del despulpado (d) y del desmucilaginado (D).

retiraron los flotes en un canal semisumergido (con recirculación de agua). El análisis de calidad del café pergamino húmedo obtenido después del despulpado (d) y del desmucilaginado (D) muestra que solamente el contenido de impurezas (IMP), 1,8%, es superior al límite establecido por la norma de calidad de la Federación (0,5%).

En la Figura 2 se presentan los valores promedio de calidad física de café, en pergamino húmedo (20 ensayos), obtenido sin eliminar flotes antes del despulpado y sin utilizar la zaranda en el café despulpado. Al café desmucilaginado y lavado se le retiró parte de las impurezas y guayabas utilizando un clasificador-limpiador hidráulico (hidrociclón, Sección 3.11.). Los valores de daño mecánico (0,49%), guayabas y media cara (1,09%) e impurezas (0,45%) indican que la calidad del café obtenido con este proceso de beneficio satisface los requisitos establecidos por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para la compra del café pergamino.

2.2.3. Calidad organoléptica del café desmucilaginado

Existen medios mecánicos, químicos, bioquímicos, para retirar eficientemente el mucílago en tiempos mucho más cortos que los utilizados por el método convencional, o sea, el de someter el café despulpado a la fermentación del mucílago en tanques de fermentación, por tiempos que oscilan entre 12 y 18 horas, para después lavarlos utilizando agua limpia (143).

En ALMACAFÉ, en Chinchiná y en Letras se almacenaron muestras de café procesado por remoción mecánica y por fermentación del mucílago obtenidas de los laboratorios de Cenicafé (112). La calidad de la bebida se evaluó en el panel de catación de la Unidad de Control de Calidad (U.C.C.) de FEDERACAFÉ, en Bogotá, y por la firma John D'Elena, de Nueva York (109). Los resultados presentados en la Tabla 3 permiten concluir que la calidad en taza del café desmucilaginado mecánicamente es igual ó superior a la obtenida por fermentación natural.

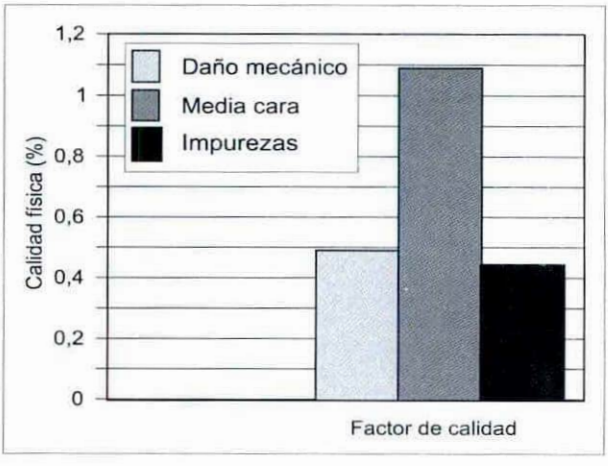

Figura 2. Calidad física del café obtenido con desmucilaginado mecánico sin previa eliminación de flotes y sin zarandear el café despulpado. Solamente se retiró, mediante un hidrociclón, parte de las guayabas e impurezas después del desmucilaginado.

Tabla 3. Calidad de la bebida del café obtenido con remoción mecánica del mucílago.

Tratamiento	Evaluador	Acidez	Aroma	Cuerpo	Impresión global
DESMULAC -0 meses	U.C.C.	A-M			
	J.D´ELENA	M-B	M-B	M-B	Excelente
TESTIGO	U.C.C.	M-B			
	J.D´ELENA	M-B	M-B	M-B	Excelente
DESMULAC -L3 meses	U.C.C.	M-B			
	J.D´ELENA	A	A	A	Buena
TESTIGO -L3 meses	U.C.C.	B			
	J.D´ELENA	A	A	M	Buena
DESMULAC -C3 meses	U.C.C.	B			
	J.D´ELENA	B	A	A	Buena
TESTIGO -C3 meses	U.C.C.	B			
	J.D´ELENA	A-M	M	M	Buena
DESMULAC -L6 meses	U.C.C.	B			
	J.D´ELENA		A	A	Buena
TESTIGO -L6 meses	U.C.C.	B			
	J.D´ELENA		A	A	Buena

A = Alta; M = Media; B = Baja; L = Letras; C= Chinchiná; U.C.C.= Unidad de Control de Calidad. Desmulac: Desmucilaginado mecánico. Testigo: Fermentación natural.

Sanz (164) comparó la calidad de la bebida de muestras de café fresco obtenidas con fermentación natural y desmucilaginado mecánico; los resultados incluidos en la Tabla 4 indican que con la técnica de desmucilaginado mecánico se obtiene mejor calidad de la bebida.

Durante 1995 y 1996 se realizaron 77 evaluaciones para comparar la calidad de la bebida del café obtenido por el proceso de remoción mecánica del mucílago con café procesado por fermentación natural. Se contó con la colaboración de los páneles de catación de Cenicafé, la Fábrica de Café Liofilizado en Chinchiná, Caldas y ALMACAFÉ en Bogotá. De los resultados obtenidos en los diferentes paneles se pudo concluir lo siguiente:

Tabla 4. Evaluación comparativa de la calidad en taza del café obtenido con fermentación natural y desmucilaginado mecánico*.

ATRIBUTO	Fermentación natural	Desmucilaginado mecánico
Intensidad del aroma	7,1	7,0
Aroma de bebida	6,7	6,8
Acidez	6,1	5,2
Amargor	5,0	5,2
Cuerpo	6,4	6,8
Impresión global	6,4	6,9

* Escala de 9 puntos; 9 la mejor; 1 la peor calificación.

De acuerdo a lo registrado por el panel de Cenicafé, en el período de cosecha principal (agosto 1995 - diciembre 1995), la calidad del café obtenido con tecnología DESLIM (Sección 3.10.4.) es superior a la obtenida con el método tradicional de beneficio que incluye la fermentación. A partir de enero/96, hasta junio de 1996, época de cosecha muy escasa, la calidad de la bebida no fue buena en ambos métodos y en general, con pocas excepciones, se obtuvieron bebidas con calificación de 6. El panel de la Fábrica de Café Liofilizado registró bebidas normales y niveles de acidez similares. ALMACAFÉ encontró similares niveles de aroma, acidez, cuerpo y una notoria tendencia a sabores astringentes y herbales en las muestras evaluadas. De acuerdo con Puerta (133), la calidad de la bebida depende en gran parte de la calidad del café cereza cosechado; granos sobremaduros y verdes producen bebidas con sabor a vinagre, granos pintones dan sabor astringente, y granos perforados por la broca del café generan sabores extraños que demeritan la calidad de la bebida. Las evaluaciones de la calidad de la bebida se han seguido efectuando hasta la presente fecha, con resultados consistentes.

A continuación se presentan los conceptos y resultados de ensayos reportados en la literatura científica nacional e internacional sobre la remoción y el beneficio del café:

Calle (30) obtuvo la mejor calidad del café después de almacenado durante 5 años cuando lo desmucilaginó mecánicamente. Argumentó que la película plateada que queda más adherida a los granos durante este proceso, con relación al grano fermentado tradicionalmente, disminuye la oxidación de la almendra, conservándola mejor.

Coste (54) afirma que "la fermentación bien realizada, de duración limitada al tiempo necesario para la fluidificación del mucílago, no tiene influencia alguna sobre la bebida. La comparación con los mismos cafés tratados con métodos rápidos que excluyen la fermentación no permite apreciar diferencias".

El mismo autor agrega: "debe sin embargo, hacerse notar que el sabor ligeramente ácido de la bebida obtenida de ciertos cafés arábicos (Kenya, Kivu, etc.) muy apreciado por los consumidores, se obtiene mediante una fermentación de cierta duración".

Fourney *et al.* (73) en evaluaciones de desmucilaginado rápido de café arábica utilizando tratamientos con sustancias enzimáticas, no encontraron diferencias en la calidad de la bebida al compararlos con el procedimiento tradicional de fermentación.

Wilbaux (183) menciona como principal argumento contra la eliminación mecánica del mesocarpio el hecho de que pequeñas porciones del mucílago quedan adheridas a la semilla y agrega que de no eliminarse esos residuos se desarrolla una postfermentación nociva durante el escurrimiento y el presecado que además, facilita que las semillas se adhieran durante el secado.

Vasquez e Hidalgo (179), al comparar la calidad del café proveniente del desmucilaginado mecánico con la del café procesado por fermentación natural y con diferentes tiempos de espera para el secado, concluyeron que el **desmucilaginado mecánico del café y el secado inmediato** del mismo mejoran la acidez y el cuerpo del café sin afectar el aroma, y se incrementa el rendimiento hasta un 1,9%. en peso, cuando se compara con la fermentación natural.

Vasquez y Montero (180) indican que la adopción de métodos mecánicos para desmucilaginar café en Costa Rica es cada día mayor. Se encontraron las siguientes pérdidas de materia seca expresadas en porcentaje, durante la fermentación; para 12 horas = 2%; para 48 horas = 3,14%; para 60 horas = 3,44%; para desmucilaginado mecánico y 12 horas de espera antes de iniciar el secado = 0,56%. Los mismos autores citan que Cleves (48) obtuvo rendimientos en peso superiores en 3,4% y 5,1%, al utilizar el desmucilaginado mecánico (mediante la máquina Acuapulpa), con relación a la fermentación natural.

Carbonel y Vilanova (31) encontraron pérdidas de materia seca de hasta el 9% de los sólidos en 48 horas de fermentación, tanto en seco como bajo agua. En las pruebas de calidad de taza se compararon favorablemente las muestras procesadas químicamente con muestras similares procesadas por fermentación y enzimáticamente. Al referirse a la utilización del desmucilaginado mecánico indican que su principal defecto es su alto costo y elevada potencia eléctrica del motor. Los autores citan un trabajo realizado en Kenya sobre la fermentación del café en 1935. Sus conclusiones fueron: " la remoción de la materia azucarada mucilaginosa, para asegurar un desecamiento parejo y rápido del café, es la única razón de la fermentación".

Menchu (98) indica que los desmucilaginadores tipo ELMU (eliminación del mucílago), son los sistemas más utilizados por los beneficiaderos de mediana y gran capacidad de Centroamérica y que el café desmucilaginado mecánicamente resulta afectado por la presencia de la película adherida, pero el sabor permanece igual que el de los testigos obtenidos por fermentación natural. Por otra parte, indica que si se deja el café desmucilaginado bajo agua limpia se consigue mejorar en parte el aspecto del café, particularmente en cafés que no se pueden cosechar totalmente maduros y que poseen polifenoles que causan mal sabor a "grama", a "áspero", etc.

Case (33) en su trabajo de recopilación bibliográfica sobre comparaciones del desmucilaginado natural (fermentación y lavado) y el desmucilaginado rápido, incluyendo el mecánico concluye, luego de revisar los trabajos realizados en todas las regiones productoras de café desde inicios del presente siglo, que **el único propósito de la fermentación del mucílago es hacer esa sustancia fácilmente diluible en agua para facilitar su lavado;** que no es el grano el que se fermenta, sino apenas el mucílago que lo rodea.

En conclusión, todos los autores revisados que sustentan sus apreciaciones en resultados experimentales coinciden con los resultados obtenidos en Cenicafé. Se puede afirmar que no hay diferencias en la calidad del café obtenido por fermentación natural o por desmucilaginado mecánico. En ambos procesos se requiere la completa remoción del mucílago para garantizar la calidad del café, aunque por la mayor duración del proceso de fermentación natural se requiere mayor control para evitar defecto fermento o vinagre. De otro lado, hay unanimidad en atribuir una pérdida de peso siempre mayor que 1,5 % de la materia seca del grano durante el proceso de la fermentación.

2.3. EFECTO DEL ENFRIAMIENTO MECÁNICO EN LA CALIDAD DEL CAFÉ ALMACENADO A GRANEL (155, 174)[6]

Pocos esfuerzos se han realizado para encontrar opciones al almacenamiento a mediano plazo (seis meses) y largo plazo (más de un año) del café almendra, aunque se conoce que el café almacenado en los sacos convencionales y principalmente en lugares cálidos, pierde su calidad y su precio rápidamente. Después de un año de almacenado prácticamente en cualquier lugar, el café ya se considera café reposado y su valor puede ser solo una fracción del valor del café fresco, de menos de tres meses de cosechado.

El enfriamento mecánico de granos a granel ha sido utilizado exitosamente, para conservar la calidad de las semillas y de granos que presentan resistencia física y uniformidad intersticial, que les permite ser almacenados en silos de varias decenas de metros de altura.

Para encontrar las **mejores condiciones del aire enfriado** mecánicamente para conservar la calidad del café almacenado a granel a largo plazo, teniendo en cuenta los criterios de coloración de la almendra, prueba de taza, contenido de humedad, población de microorganismos y porcentaje de pasilla, se utilizaron 10 silos metálicos (Figura 3) de sección cuadrada de 0,5 x 0,5 m con una altura de 2,8 m (altura efectiva de 2,35 m), para una capacidad entre 220 y 250kg de café pergamino seco.

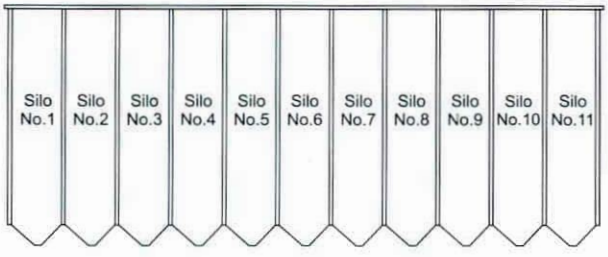

Figura 3. Esquema de silos metálicos utilizados para estudios de almacenamiento de café en laboratorio, con aire enfriado y forzado mecánicamente.

[6] Preparado por Roa M., G.; Trejos R., y Cruz, M.

La sección y altura de éstos silos piloto se escogió para que los resultados fueran geométricamente similares a los 30 silos de 6m de diámetro y 30m de altura, del complejo de almacenamiento de ALMACAFÉ, de Bello, Antioquia (Figura 4). De esta forma los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio podrían ser más confiablemente aplicados a los silos industriales.

Se aislaron 9 silos exteriormente con una capa de 5cm de fibra de vidrio, buscando minimizar los efectos de la variación de las condiciones ambientales sobre el café almacenado. Se controlaron las condiciones del aire de enfriamiento (temperatura, humedad y caudal) con un equipo diseñado en Cenicafé. Se utilizó café var. Caturra de la Subestación de Naranjal de Cenicafé, beneficiado por vía húmeda y secado mediante los silos-secadores tradicionales utilizados en Colombia. La densidad aparente del café dispuesto a granel, medida en cada silo, varió entre 388 y 435kg/m^3.

Las temperaturas del aire de enfriamiento se hicieron variar entre 11 y 20°C; las humedades relativas entre 68 y 80% y los caudales utilizados estuvieron entre 20 y 30m^3/h, lo que da un caudal específico de aire de almacenamiento promedio de

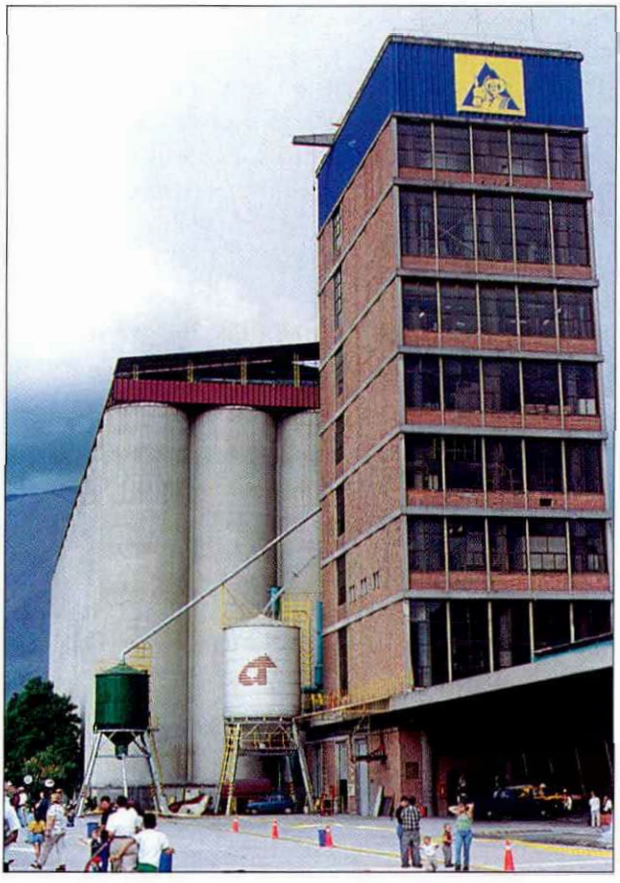

Figura 4. Batería de 60 silos de 30m de altura y 6m de diámetro, para el almacenamiento de café pergamino con aireación forzada nocturna. Foto: Cortesía Almacafé, Bello, Antioquia.

$1 m^3$ / (min x ton). El tiempo de enfriamiento varió entre 10 y 17 horas. Se escogieron las siguientes parejas de temperaturas (°C) y humedades relativas (%) del aire: 15°C y 70% (con una repetición), 18°C y 68% (con una repetición), 20°C y 70% (con una repetición), 15°C y 80%, 11°C y 80%, 12°C y 80%. Se escogieron estos valores por el conocimiento previo de las posibles mejores condiciones de almacenamiento del café, y por su relacionamiento con los valores de humedad de equilibrio (Sección 4.9.1.1).

Se almacenó adicionalmente la misma cantidad de café en un silo idéntico, sin airear. También se almacenó una muestra de café representativa de cada silo en sacos de fique de 3kg de capacidad, en las condiciones ambientales del mismo lugar de las experiencias (laboratorios de Cenicafé, Chinchiná.)

Se encontró experimentalmente que para enfriar completamente las masas de café se necesitaron entre 220 y $590 m^3$ de aire por cada m^3 ocupado por el café. Se consideraba enfriado el silo cuando la diferencia de temperaturas entre la salida y entrada del aire era de 2°C o menor. Se midieron las temperaturas de las masas a diferentes alturas de cada silo (Ver las curvas de enfriamiento experimentales y simuladas matemáticamente en la sección 4.9.2.1). El contenido de humedad se determinaba en 8 puntos localizados a diferentes alturas del silo separados 30cm, cada uno. La coloración de la almendra y el porcentaje de granos decolorados se determinó mensualmente en las capas inferiores, medias y superiores, utilizando patrones de color de aceptación general de la Federación Nacional de Cafeteros. La prueba de taza se determinó en las capas inferiores, medias y superiores, cada mes hasta el tercer mes, y posteriormente hasta un año, cada dos meses. Se utilizaron los paneles de catación de la Unidad de Control de Calidades en Bogotá, Cenicafé en Chinchiná, y la Fábrica de café liofilizado en Chinchiná.

2.3.1. Contenido de humedad de los granos

Después de un año de almacenamiento el café aireado mecánicamente mantuvo un contenido de humedad promedio entre el 10 y el 12 % (Figura 5); los valores más bajos de humedad correspondieron a las temperaturas del aire más bajas, porque inducen la transferencia de humedad desde la superficie del grano hacia el aire, por diferencia de presiones de vapor de agua. En el silo sin airear, las humedades superan el valor del 12%.

Las muestras que se utilizaron como testigos en sacos de fique (Figura 6), se humectaron por encima de los valores recomendados (10 a 12%), obteniéndose valores promedio de 12,9%, que corresponden muy aproximadamente a los valores del contenido de humedad de equilibrio de la región, 13,2%, (Sección 4.9.1.1) correspondiente a las condiciones ambientales en que se realizó el experimento (20,6°C de temperatura y 76% de humedad relativa).

En la Tabla 5 se presenta un resumen de las condiciones del aire con las cuales se

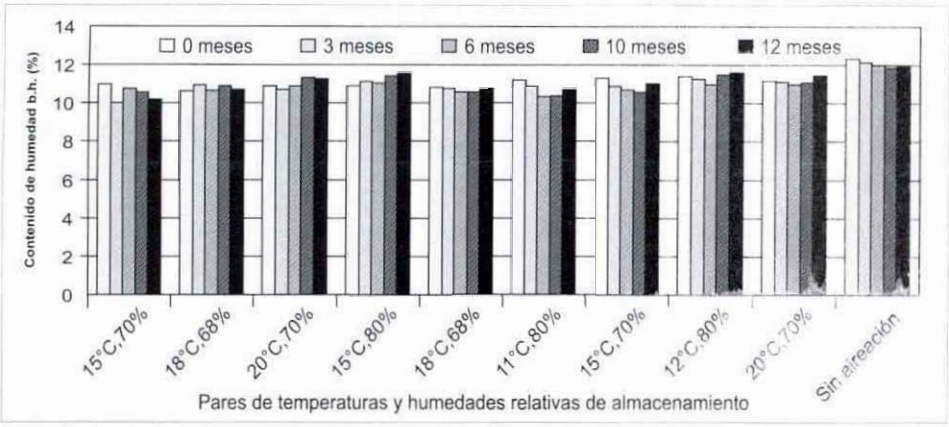

Figura 5. Contenido de humedad del café en silos como función de las condiciones del aire tratado, sin aireación, y del tiempo de almacenamiento.

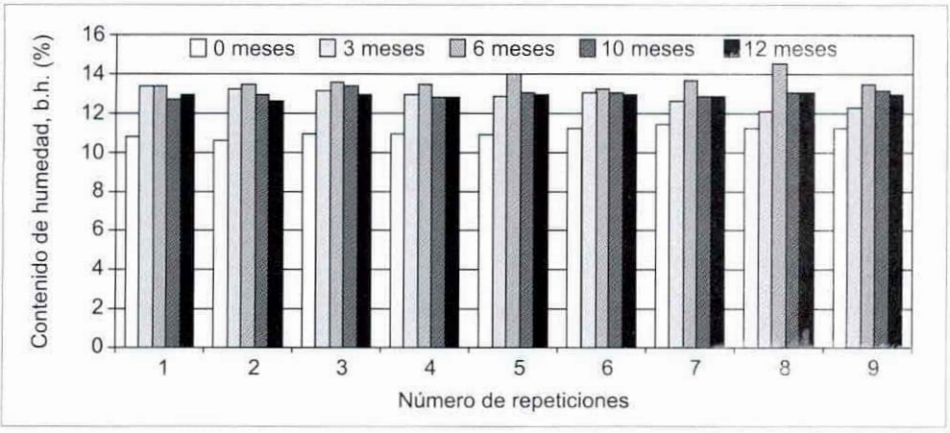

Figura 6. Contenido de humedad del café enfriado en condiciones ambientales, como función del tiempo de almacenamiento.

trabajó durante la experimentación y el efecto de absorción o de secado que se obtuvo, de acuerdo a los conceptos de humedad de equilibrio del café.

2.3.2. Decoloración de los granos

Para la evaluación de la decoloración de los granos se siguió la norma de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, que indica de la presencia de los granos decolorados por sobresecado[7], granos decolorados veteados por absorción de humedad durante el almacenamiento, granos decolorados por reposo y por el efecto de tiempos prolongados de almacenamiento, granos decolorados ámbar o mantequillo, causados por deficiencias de nutrimentos en el suelo.

[7] El proceso puede ser reversible, como ocurrió después de dos años en el silo número 17 de la planta de silos de Bello, Antioquia.

Tabla 5. Condiciones controladas del aire y su influencia en el contenido final de humedad de los granos.

Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa del aire (%)	Contenido de humedad de equilibrio, b.h. (%)	Efecto de acondicionamiento de los granos
15	70	11,0	Deshidratación
20	70	11,0	Absorción
18	68	10,7	Equilibrio
11	80	11,0	Deshidratación

En la Figura 7 se muestra la **decoloración** expresada en porcentaje de granos decolorados sobre el total de la muestra, para cada uno de los sistemas de almacenamiento utilizados durante el transcurso del proceso de almacenamiento.

Después de un año de almacenamiento el valor promedio de decoloración del café almacenado en los silos con enfriamiento mecánico fue de 2,1%; el valor promedio de decoloración del café almacenado en el silo sin aireación fue de 4,1% y el valor promedio de decoloración del café almacenado en sacos, en forma convencional, fue de 22,0%. Estos resultados categóricos a favor del almacenamiento con enfriamiento mecánico se presentan en la Tabla 6.

2.3.3. Presencia de microorganismos

Se determinó la población de microorganismos indeseables presentes en el café almacenado en 4 silos previamente seleccionados y representativos de la experi-

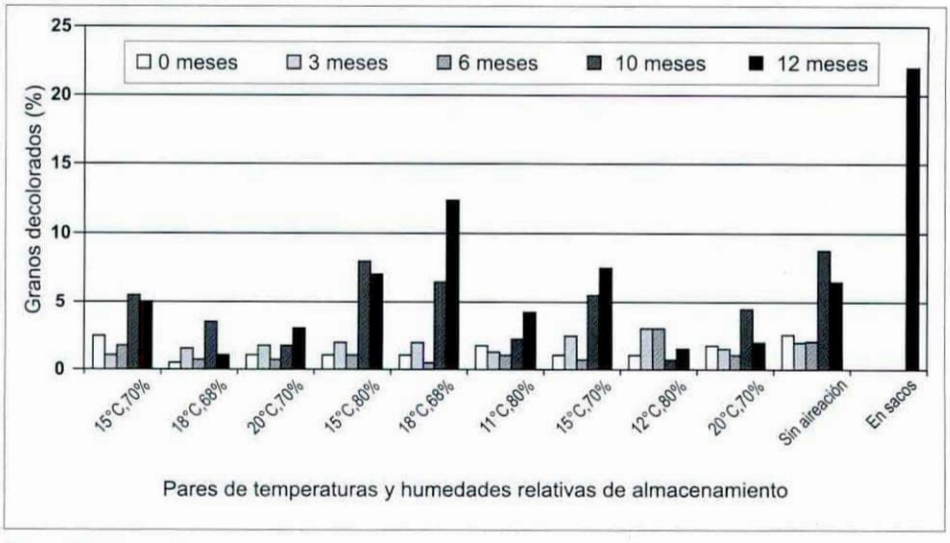

Figura 7. Granos decolorados como función de las condiciones controladas del aire de enfriamiento mecánico, falta de enfriamiento y el almacenamiento tradicional en sacos.

Tabla 6. Comparación de los granos decolorados según el sistema de almacenamiento empleado luego de 1 año de almacenamiento.

Granos decolorados en silos provistos con enfriamento mecánico (%)	Granos decolorados en el silo sin aireación mecánica (%)	Granos decolorados en los sacos, sometidos a las variaciones ambientales (%)
2,1	4,1	22

mentación, mediante la escala de 0 a 18, en la cual 0 indica una población nula y 18 la máxima tolerable. Se obtuvo un valor promedio (durante los 12 meses de almacenamiento) para todos los silos que utilizaron el enfriamento mecánico de 9,1 lo que indica buenas características de almacenamiento. El valor medio correspondiente al silo sin aireación mecánica fue de 11,2 valor próximo al límite permisible de 14, y las muestras de los sacos almacenados convencionalmente un valor de 17,4 que lo descalifica como café de buena calidad.

2.3.4. Calidad de la bebida

El café almacenado bajo condiciones controladas conservó una calidad aceptable (Figura 8), según la calificación global de la bebida hasta después de 10 meses de almacenamiento, que clasifica el café en tres categorías: taza deficiente (2-3), taza regular (4-6) y taza aceptable (7-9). Para algunas combinaciones de temperatura y humedad relativa, **la buena calificación de la bebida se mantuvo hasta después de un (1) año**. La combinación de la humedad del grano entre el 10 y el 12% y temperaturas en el rango de 10 a 15°C, permitieron el mejor almacenamiento y la mejor conservación de la calidad.

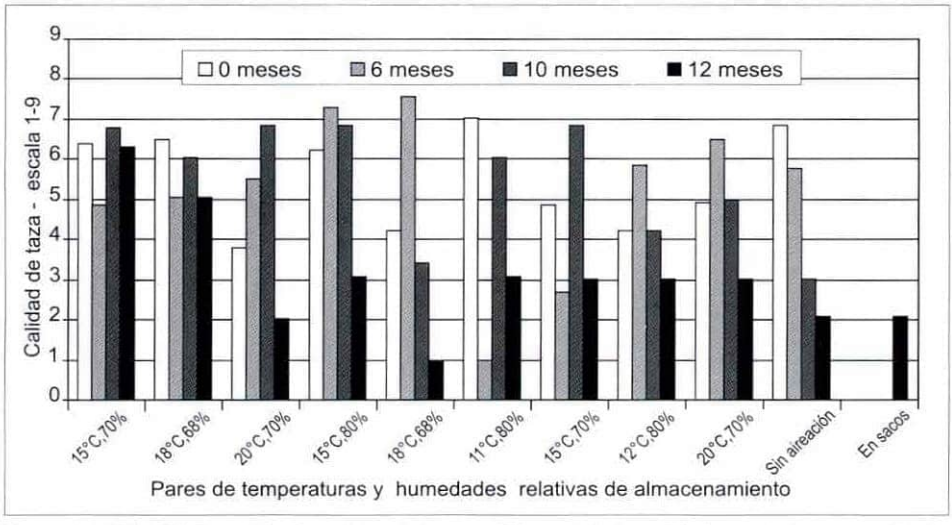

Figura 8. Calidad de la bebida de café, según las condiciones del aire enfriado mecánicamente, aire sin enfriar y café almacenado en sacos en forma convencional, según el tiempo de almacenamiento.

2.3.5. Conclusiones

Según las anteriores consideraciones se concluye que:

- El almacenamiento a granel en condiciones de aireación controlada mostró ventajas relacionadas con el porcentaje de grano decolorado, prueba de taza, contenido de humedad y población de microorganismos sobre el café almacenado en sacos, y sobre el silo sin aireación, en las condiciones ambientales que se desarrolló el experimento en Chinchiná (20,6°C de temperatura y 76% de humedad relativa).

- Para un **almacenamiento de hasta 1 año**, para garantizar la mínima pérdida de calidad, **se recomiendan dos combinaciones de temperatura y de humedad relativa, 15°C - 70% y 18°C - 80%. El caudal específico de almacenamiento debe ser igual o superior a 1m³ /min.Ton.**[8,9]

- Para almacenar café pergamino seco a granel por un período máximo de 10 meses con una mínima pérdida de calidad, utilizando aire enfriado mecánicamente, se recomiendan las siguientes combinaciones de temperatura y de humedad relativa: 15°C - 70%, 18°C - 68%,20°C - 70%,15°C - 80% y 11°C - 80%.

- El café almacenado en sacos de fique en las condiciones normales de almacenamiento en sacos, se humedeció por encima del valor máximo recomendado para el almacenamiento (12%) y se decoloró por encima de los valores aceptados comercialmente. Las poblaciones de los microorganismos sobrepasaron los valores admisibles y como consecuencia, la calidad de la taza fue deficiente a partir de los 3 meses, en algunos casos.

- El criterio principal de manejo de las condiciones adecuadas de temperatura y humedad del aire, en el enfriamento mecánico, lo constituyen las relaciones dinámicas de **presiones de vapor** en la superficie de los granos (que dependen de la temperatura del grano y de su humedad) y la presión de vapor del aire. Si los granos presentan temperaturas de 5°C o más, por encima de la temperatura ambiente, es posible practicar la aireación, aún con aire con humedades relativas de saturación (100%), sin que el café adsorba humedad. Este fenómeno se debe a que la presión de vapor en la superficie del grano es mayor que la presión de vapor del aire saturado.

---

[8] Para calcular la presión y potencia necesarias se debe consultar la sección que presenta las relaciones de caudal y pérdida de presión estática por el paso del aire a través del café depositado a granel (Ver Sección 4.8.2)

[9] En silos de gran diámetro el tiempo de permanencia de los granos fríos puede ser de más de un año, como se ha verificado en la planta de Silos de Bello, Antioquia. La explicación se da en términos térmicos, puesto que el pergamino seco es un elemento aislante térmico excelente, (conductividad térmica $k = 0{,}08$ w/m-°C y difusividad térmica $\alpha = 1{,}4$ E-7), (71).

- Existe una tendencia a que el café se sobreseque ligeramente durante el período de enfriamiento, proceso que toma lugar en solo unas horas. Este inconveniente tiene solución mediante aireaciones posteriores utilizando aire con humedades altas, como las que ocurren en las horas nocturnas y en las primera horas de la mañana. Así se ha efectuado esta práctica por los técnicos de la planta de silos de ALMACAFÉ de Bello, Antioquia, en una batería de 60 silos de 30m de alto, 6m de diámetro con una capacidad de almacenamiento de 340ton de café pergamino seco por silo (Figura 4). En efecto, siguiendo las recomendaciones de aireación mecánica nocturna de Cenicafé, ha sido posible poner en practica comercialmente los sistemas de aireación, disminuyendo en promedio 4°C en las masas de café a granel almacenado en toda la batería de silos, con inmensas ventajas, en comparación con el sistema convencional de almacenamiento en sacos (76).
- Los resultados obtenidos en estas investigaciones son altamente satisfactorios y coinciden con logros similares obtenidos para todos los granos y leguminosas y para semillas, aptos para ser almacenados a granel con aireación mecánica. En particular, para café, así lo habían reportado o previsto varios investigadores, incluyendo los técnicos de Federacafé, antes de la construcción de los silos de Bello y otros investigadores como Stirling (168) y Teixeira *et al.* (170).

2.4. EFECTO DEL SECADO Y DEL ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE CAFÉ (Var. COLOMBIA) [10]

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia produce la totalidad de la semilla de la variedad Colombia, resistente a roya del cafeto, la almacena adecuadamente y la entrega a los comités departamentales de cafeteros, con el vigor necesario para que los agricultores puedan obtener nuevas plantas robustas y sanas.

Hasta el año de 1983, cuando hizo presencia la roya del café en Colombia, todas las semillas de café eran producidas directamente por los propios caficultores. En ese mismo momento, en el cual se comenzó la explotación comercial de la variedad Colombia, para obtener las semillas de las distintas variedades de café se efectuaban las operaciones de cosecha y de beneficio con el mayor cuidado, cosechando manualmente solo los mejores granos con énfasis en el uso manual en todas las operaciones de beneficio, se operaban las despulpadoras a menores revoluciones y se secaban los granos a la sombra.

A partir de 1983 la sección de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, desarrolló la tecnología necesaria **para procesar masivamente la semilla de café**, que se comenzaba a producir en los campos especiales de propagación.

[10] Preparado por Álvarez, G. J. y Roa G. Ingeniería Agrícola. Cenicafé.

Se modificaron los conceptos de beneficio convencional y se desarrollaron procesos modificados para despulpar, clasificar, lavar, transportar, secar y almacenar la semilla. En la secciones 2.5. y 3.9. se presenta la tecnología apropiada para lavar, transportar y desmucilaginar la semilla del café, utilizando ya sea motobombas semisumergidas con un sistema hidráulico de transporte y de recirculación de agua, y los desmucilaginadores mecánicos.

En la presente sección se presentan los resultados más relevantes de la investigación realizada para mantener la calidad de la semilla durante el proceso del secado y de almacenamiento (70). Es de anotar que los resultados de esta investigación tuvieron una aplicación inmediata. En efecto, tan pronto se presentó el informe final con conclusiones contundentes sobre los mejores métodos para el sistema de secado y de almacenamiento, se decidió inmediatamente la adopción de las recomendaciones correspondientes, y así se ha logrado conservar la semilla en las condiciones ambientales del páramo de Letras en Caldas, con el vigor necesario para producir plantas normales, durante más de un año de almacenadas.

2.4.1. Efecto del secado en la viabilidad de la semilla de café

El daño por calentamiento de las semillas durante el secado origina pérdida de su viabilidad por destrucción de bandas celulares en regiones vitales del embrión; el daño térmico depende de la interacción de temperatura con el tiempo de exposición y el contenido de humedad de la semilla, es decir, altas humedades del grano con altas temperaturas durante tiempos prolongados, son condiciones desfavorables que originan pérdida de viabilidad de la semilla.

No obstante, al inicio de los procesos normales de secado y a pesar de la alta temperatura del aire, el grano está lejos de verse expuesto a esas condiciones debido a que el proceso de evaporación es refrigerante (Figura 107). De otro lado, el endospermo del café es semiceluloso y debido a las pérdidas de humedad a tasas de deshidratación elevadas, se puede contraer y estrangular el embrión. Se estima que los dos fenómenos, el de daño térmico y el daño físico al embrión puedan explicar, simultáneamente, el daño en la viabilidad de la semilla del café durante el proceso de secado con aire de temperaturas excesivas.

En la Figura 9 se observa el efecto del **daño térmico** por la temperatura del aire de secado en una población de semillas dispuestas en forma estática. Entre la primera y tercera hora de secado, a 50°C de temperatura del aire, el 43% de las semillas habían perdido su viabilidad. A la temperatura de secado de 45°C la semilla mantuvo su viabilidad por encima de 90% hasta las 10 horas de secado, detectándose a partir de ese instante reducción de la germinación, de tal manera que a las 20 horas el 76% de las semillas permanecían viables. Ninguna de éstas temperaturas se podría utilizar para secar semillas en capas estáticas.

Ensayos posteriores del mismo tipo demostraron que la viabilidad de la semilla de café se mantenía por encima del 95%, cuando se utilizaron temperaturas del aire de

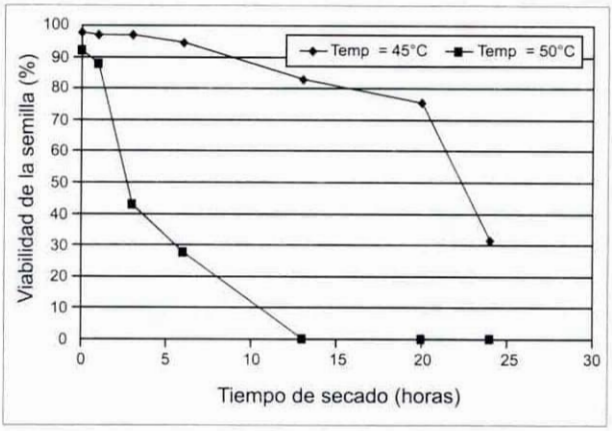

Figura 9. Influencia de la temperatura del aire de secado en la viabilidad de la semilla de café secada en capas delgadas.

secado de 38°C, o menores. No solamente se logró mantener la viabilidad de éstas semillas inmediatamente después del secado, sino durante su almacenamiento prolongado, como se verá en la siguiente sección.

2.4.2. Efecto del almacenamiento en la viabilidad de la semilla de café

Se realizaron 70 pruebas de almacenamiento comercial de semilla de café empacada en bolsas se polietileno herméticas, de 2kg de capacidad, en tres bodegas de almacenamiento de ALMACAFÉ, en diferentes pisos térmicos, para conocer la viabilidad según las condiciones de humedad del grano, de temperatura del aire de secado y condiciones ambientales de almacenamiento. Las condiciones de temperatura ambiente promedio de las bodegas de almacenamiento se consignan en la Tabla 7.

En la Figura 10 se muestra la disminución típica de viabilidad de la semilla durante el almacenamiento durante la serie de experimentos ejecutados; bajo las condiciones del proceso anotadas se observa que la semilla almacenada durante 270 días (9 meses), mantuvieron en las bodegas del páramo de Letras (Caldas), una **viabilidad** mayor al 95% y para Manizales una viabilidad mayor del 90%. La semilla almacenada en Chinchiná mantuvo su germinación alrededor del 85% hasta los 240 días, momento en que bajó abruptamente hasta el 68% en solo un mes.

Tabla 7. Condiciones de almacenamiento de la semilla de café, en tres pisos térmicos en la zona cafetera colombiana.

Piso Térmico	Promedio de temperatura °C
Alto de Letras	10,8
Manizales	19,7
Chinchiná	23,5

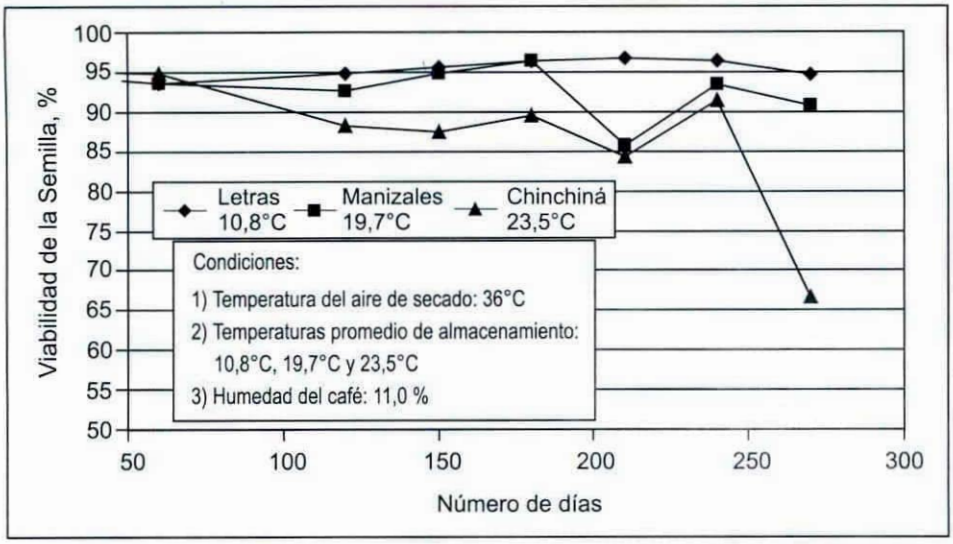

Figura 10. Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento del café, durante su almacenamiento prolongado.

Se observaron comportamientos similares para otras condiciones de almacenamiento, variando las temperaturas del aire de secado. Las mejores condiciones para el secado y almacenamiento de la semilla para mantener su viabilidad comercial durante aproximadamente un 1 año, fueron: temperatura del aire de secado máxima de 38°C, contenido de humedad del café de 11% y temperatura de almacenamiento de 11°C.

2.5. EFECTO DEL DESMUCILAGINADO MECÁNICO EN LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE CAFÉ [11]

El daño de la semilla de café consiste en la pérdida de su función germinativa y ocurre frecuentemente en el proceso tradicional de beneficio por deficiencias en alguna de las etapas como el despulpado, el desmucilaginado o el lavado con bomba sumergible. Sierra (165, 166) estudió las operaciones de despulpado y lavado del café. El diseño mecánico apropiado de los sistemas mecánicos para evitar la influencia nociva de la percusión originada por las motobombas y las colisiones de los granos dentro de los ductos hidráulicos, se presentan en la sección 3.9.

Los equipos pueden originar granos de café trillados, mordidos y rayados, que afectan la viabilidad de la semilla y en algunos casos, se induce en el café una doble raíz o doble germinación del embrión. Para Mackay, citado por Sierra (165), algunos daños mecánicos causados al embrión tales como fractura y colapso, solo se notan después de haber germinado el grano y se manifiestan en anormalidades

[11] Preparado por Álvarez G., J. Ingeniería Agrícola, Cenicafé .

como semillas separadas, tejidos cicatrizados, restricción de crecimiento de la planta, posición desigual de los cotiledones, raíces primarias e hipocotilos divididos o atrofiados y raíces atrofiadas, torcidas, con puntas en forma de rombo y de aspecto blando.

Es bien conocida la susceptibilidad de la semilla de café a la pérdida de la capacidad y vigor de germinar por el efecto de los daños mecánicos. Se ha demostrado que el exceso del manejo mecánico durante el transporte hidráulico con motobombas, puede provocar lesiones que disminuyen la viabilidad de la semilla por estar el embrión muy expuesto a la superficie del grano (166).

La bifurcación de la semilla consiste en la división de la raíz en dos ramales o en dos brazos que tienen forma de horquilla, situación que es corrientemente observada en el momento de conseguir "chapolas y fósforos". Este fenómeno puede ser ocasionado por daños mecánicos y por sobredosis de productos químicos. Sierra (165) en su trabajo de evaluación de pérdida de calidad de la semilla de café durante el beneficio, encontró que las semillas que sufrieron daño mecánico en su almendra redujeron significativamente su capacidad germinativa. Las semillas rayadas por acción de la camisa en la despulpadora redujeron su capacidad germinativa desde 89,6% hasta un 50,5% y las semillas mordidas disminuyeron su capacidad germinativa de 89,6% hasta 40,4%.

Dadas las grandes ventajas del desmucilaginado mecánico y la gran conveniencia de procesar industrialmente las semillas de café producidas en los centros de producción de semillas de Federacafé, se efectuaron varios ensayos para investigar el posible daño a la semilla durante su procesamiento.

Se utilizaron en Cenicafé, Módulos BECOLSUB 600, 1000 y 3000 (Sección 3.10.6 y 3.14), siguiendo las recomendaciones de operación así: velocidad de la despulpadora de 160 rpm, velocidad del desmucilaginador de 860 rpm; relación agua - café pergamino seco de 0,8L/kg. Se realizaron pruebas en distintos días; en cada prueba se tomaba una muestra de 1kg al momento de ser despulpada y de la misma prueba se tomaba una muestra de 1kg ya desmucilaginada. Se seleccionaban granos de café con pergamino sano.

La viabilidad se midió a partir de la prueba de germinación que consistió en trillar manualmente los granos de café pergamino, desinfestarlos en una solución de 2,5g de Difolatán y 0,6g de Benlate por litro de agua donde se sumergieron por media hora. Se pusieron a germinar sobre papel húmedo colocado en una bandeja plástica puesta en la oscuridad, a temperatura ambiente por 35 días, al cabo de los cuales se realizó el conteo de las semillas que germinaron normalmente, (Figura 11). Las determinaciones de viabilidad se efectuaron a partir de dos repeticiones de la siembra de 50 semillas por bandeja y se expresaron como porcentaje de germinación.

Para determinar el daño por doble raíz y por raíz bifurcada, se contaron las semillas que presentaban uno u otro defecto en el mismo momento de realizar la lecturas

para germinación. En la Tabla 8 se muestran los promedios generales obtenidos de las distintas pruebas en cuanto a la viabilidad de la semilla de café, cuando es sometida a los tres tipos de BECOLSUB existentes. Para el modelo BECOLSUB 600 se realizaron 19 pruebas, para el BECOLSUB 1000 se hicieron 7 pruebas y para BECOLSUB 3000, 5 pruebas; en total se efectuaron 2.100 lecturas.

A partir de estos datos se observa que la **viabilidad de la semilla** expresada en porcentaje de germinación, fue muy alta en los tratamientos seleccionados: por despulpado (98,3%) y por desmucilaginado (98,9%), procedente del proceso BECOLSUB, lo que indica que la semilla puede ser procesada por este equipo en sus tres diferentes tamaños, con un resultado promedio de pérdidas de viabilidad de solo el 1,7 y 1,1%, respectivamente.

Respecto a la evaluación del daño por doble raíz por efecto del despulpado y del desmucilaginado en los tres modelos BECOLSUB existentes, utilizando las mismas muestras anteriores (Tabla 9) se observó como el tratamiento de despulpado para el BECOLSUB 600 registra daño hasta de 1,0% de las semillas, mientras que para los BECOLSUB 1000 y 3000 los daños son solo de 0,57 y 0,6 %, respectivamente, considerados como muy bajos.

Es común encontrar raíz bifurcada cuando la semilla se somete a excesos mecánicos, pero también por el mal uso de químicos en la preparación de la cama del germinador se puede inducir este desorden. Se evaluó el daño mecánico (raíz bifurcada) causado a la semilla al ser sometida al proceso BECOLSUB en sus tres diferentes modalidades. En la Tabla 10 se consignan los datos obtenidos.

En los tres tipos de módulos BECOLSUB el daño es del 0,25%, en promedio; el daño se aumenta por la acción del desmucilaginado para cada uno de los modelos de BECOLSUB, obteniéndose un promedio general de daño de 1,08%, lo que indica el poco efecto que esta tecnología causa en las semillas. Se concluye, por

Figura 11. Germinación normal de las semillas de café obtenidas por desmucilaginado mecánico.

Tabla 8. Promedios de los valores de germinación de la semilla obtenida en diferentes modelos BECOLSUB.

Tratamientos	BECOLSUB 600 % germinación	BECOLSUB 1000 % germinación	BECOLSUB 3000 % germinación	Promedios % germinación
Despulpado	96,7	99,4	98,8	98,3
Desmucilaginado	99,1	98,9	98,8	98,9

Tabla 9. Porcentaje de daño de doble raíz causado por diferentes modelos BECOLSUB utilizado para despulpar y desmucilaginar mecánicamente la semilla de café.

Tratamientos	BECOLSUB 600 %	BECOLSUB 1000 %	BECOLSUB 3000 %	Media %
Despulpado	1,0	0,57	0,6	0,72
Desmucilaginado	0,8	0,85	0,2	0,62

tanto, que la semilla de café puede ser procesada utilizando los módulos BECOLSUB sin que ocurran disminuciones de viabilidad, ni pérdidas por doble raíz y raíz bifurcada mayores de un 2%.

Estos resultados indican claramente que el desmucilaginador efectúa un **delicado proceso mecánico al retirar el mucílago** del café, en especial, porque es bien sabido que el embrión del grano es externo y facilmente susceptible de daño mecánico.

Generalmente se acepta que en el deterioro de la calidad del café lo primero que se pierde es su viabilidad y el vigor, aún se mantengan las excelentes calidades de su bebida.

Se entiende que el mismo daño observado depende del efecto mecánico del desmucilaginado el cual se debe principalmente a fuerzas cortantes producidas entre los fluidos y los granos, y no por fricción y colisiones entre ellos (Sección 3.10.2.).

Tabla 10. Porcentaje de raíz bifurcada causado por diferentes modelos BECOLSUB utilizados para el despulpado y el desmucilaginado mecánico de la semilla de café.

Tratamientos	BECOLSUB 600 %	BECOLSUB 1000 %	BECOLSUB 3000 %	Media %
Despulpado	0,21	0,14	0,4	0,25
Desmucilaginado	0,63	1,43	1,2	1,08

Los resultados positivos de esta investigación han sido comprobados en la producción comercial de semillas con desmucilaginado mecánico de café durante seis años, en la Subestación de Cenicafé, el Rosario, Antioquia.

2.6. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ Y DEL MEDIO AMBIENTE [12]

Para evitar el deterioro de la calidad del café en el beneficio convencional y al utilizar el desmucilaginado mecánico se deben seguir las siguientes recomendaciones generales:

- Mantener limpios los elementos, equipos y tanques del beneficiadero.
- Evitar retrasos en el despulpado.
- Iniciar el secado del café en el menor tiempo posible; lo ideal es comenzar inmediatamente se cosecha. El café es un producto perecible y su deterioro se inicia a las pocas horas de cosechado.
- No mezclar cafés de diferentes días durante la fermentación y evitar sobrefermentaciones.
- Hay que tener en cuenta que la fermentación mencionada en el proceso del beneficio del café, se refiere solamente a su efecto en el mucílago y se realiza en el sistema de beneficio tradicional sólo para facilitar su lavado. El grano no debe fermentarse. La fermentación de los granos ocurre si se dejan durante más de un día sin someterlos al secado. El grano fermentado es un defecto que puede anular su valor comercial.
- Se deben beneficiar sólo granos maduros; los granos verdes dan acidez astringente indeseable; los granos sobremaduros ocasionan sabores agrios y los granos negros sabor acre y carbonoso.
- Si se utiliza el desmucilaginado mecánico no deben procesarse granos verdes, ni recuperarse granos guayabas viejos. El desmucilaginado mecánico permite, en forma general, eliminar parte de los granos negros y deteriorados triturándolos y evacuándolos por la malla troquelada. De otra parte, la mayor parte de los granos verdes resultan trillados debido a la falta de mucílago y pueden retirarse fácilmente mediante zarandas planas, después de secos.
- No deben repasarse cafés guayabas de otros días de cosecha, debido a que la larga permanencia del grano con la pulpa origina pergamino manchado y propicia sabores indeseables en la bebida.

[12] Preparado por Puerta, G. I. y Oliveros, T., C. E. Química Industrial e Ingeniería Agrícola, Cenicafé.

- Es necesario verificar que haya sido retirado totalmente el mucílago para evitar la presencia de pergamino manchado y la bebida producida tenga sabor agrio.
- Al lavar el café se debe utilizar agua limpia en la mínima cantidad posible, para conservar el medio ambiente y la calidad del café.
- El secado debe comenzarse inmediatamente después del lavado. No se recomienda amontonar cafés con diferentes humedades. Es importante controlar la humedad final del café pergamino para que no supere el 12% ni se sobreseque por debajo del 10%, en todas las secciones del secador.
- Debe almacenarse el café en lugares secos y a temperaturas moderadas (65% a 70% de humedad relativa, 10 a 12°C); así se reduce al máximo la acción metabólica, se evita la aparición de hongos y toxinas y se puede mantener la germinación hasta por un año. El lugar de almacenamiento de café debe estar libre de reactivos químicos, fertilizantes, concentrados para animales, combustibles o cualquier otro producto que expida olores que puedan se absorbidos por el café.