

# LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFE VERDE

JAIME ZULUAGA VASCO

Jefe de la Sección de Química Industrial, CENICAFE

## INTRODUCCION

El precio de cualquier producto en el mercado está determinado por su calidad y el café no es una excepción a esta regla.

Los beneficios económicos obtenidos por el país en el decenio 1977-1987, debidos al hecho de producir el café de más alta calidad a nivel mundial, pueden deducirse de la Figura 1.

Existen múltiples definiciones del concepto calidad pero una de las que más podría ajustarse al producto que nos ocupa, el café, sería la siguiente: "Grado en que un producto satisface la necesidad de un consumidor específico, de tal manera que el producto cumpla las funciones que el consumidor espera de él".

Desde el punto de vista tecnológico, el concepto calidad para productos tales como el café verde, se podría definir como "el resultado de un conjunto de manipulaciones (procesos) que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico-químicas intrínsecas, del producto, hasta el momento de su transformación y/o consumo". Como puede deducirse, el concepto de calidad tecnológica está íntimamente relacionado con el concepto de calidad comercial.

El mercado internacional del café funciona con base en el concepto de calidad comercial y sus características han sido establecidas por los tostadores

Centavos de dolar  
por libra de 453,6 g

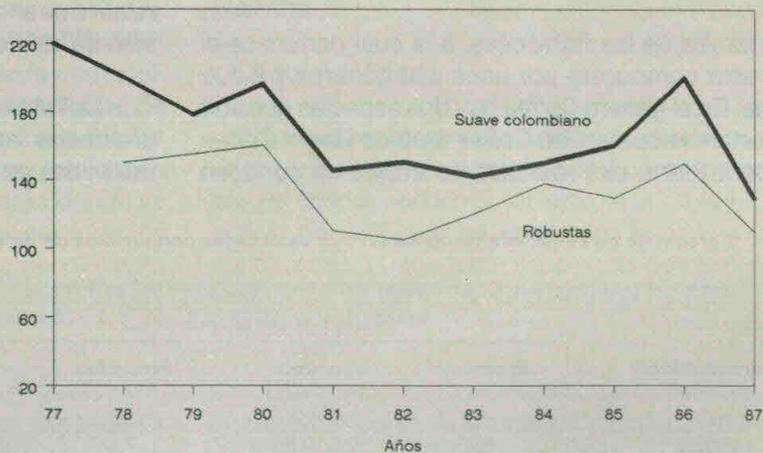
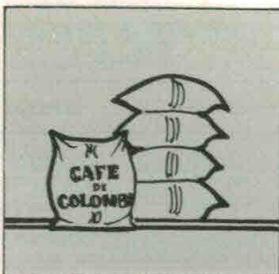


FIGURA 1. Precios del café en la bolsa de Nueva York para el decenio 1977-1987. FUENTE: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (1).



y productores de café soluble, de acuerdo a la disponibilidad y precio de los diferentes tipos de café verde, materia prima para la elaboración de sus mezclas.

Por el contrario, el mercado del café verde a nivel nacional, debe funcionar con base en el concepto tecnológico de la calidad ya que el pilar del buen nombre del café colombiano en el extranjero es la producción de una calidad suave natural muy uniforme.

La tendencia del consumo del café a nivel mundial es a la baja y ésta ya se manifiesta en los Estados Unidos, principal país consumidor. Los acuerdos en la OIC (Organización Internacional del Café), entre los países productores y consumidores, para fijar las cuotas de exportación, son cada vez más difíciles y es por lo tanto necesario pensar para un futuro la posibilidad de un mercado abierto con el consiguiente menoscabo para las economías de los países productores.

La anterior situación unida al hecho de que en los países industrializados de Europa y en Estados Unidos, los consumidores están cada vez más dispuestos a pagar un mayor precio por los productos de mejor calidad y/o producidos en condiciones totalmente naturales y menos onerosas para el medio ambiente, hace prever que la mejor estrategia para enfrentar en un futuro próximo el comercio internacional del café será una excelente calidad natural del producto.

#### FACTORES DE PRE-COSECHA QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFE

Los factores de pre-cosecha pueden agruparse en factores genéticos y factores agronómicos.

##### Factores genéticos y calidad

La familia de las Rubiáceas, a la cual pertenece el cafeto, está compuesta por unos 500 géneros y 8.000 especies. En el género *Coffea* hay dos especies que son de importancia comercial, *Coffea arabica* Linn y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, las cuales se conocen

comercialmente como arábica y robusta, respectivamente.

Aproximadamente el 80% de la producción mundial es de *Coffea arabica* y en Colombia se han cultivado las dos variedades "originales" de esta especie: *C. arabica* var. *arabica* (var. *typica*) y *C. arabica* var. *bourbon*. La segunda es probablemente un mutante de la primera y se dice, de acuerdo con algunos reportes, da una mayor producción y un licor de mejor calidad.

También se ha cultivado ampliamente en los últimos años por su gran producción y su muy buena adaptación al medio ambiente de la zona cafetera colombiana, el Caturra, una variedad del Bourbon. Actualmente se comienza a cultivar la var. Colombia, una variedad compuesta y proveniente de los cruzamientos de la variedad Caturra con el Híbrido de Timor, que posee todas las características básicas del Caturra y además es resistente a la Roya del cafeto causada por *Hemileia vastatrix* Berk y Br. (2).

La forma, tamaño y composición química de los granos de café se deben a factores intrínsecos de la planta (especie y variedad) y/o factores del ambiente.

La formación de los **granos triángulos, monstruos ó elefantes, caracoles y vanos**, se debe a irregularidades en el número de lóculos del ovario, de los endospermos y cigotos, y a la detención del desarrollo del endospermo (Figura 2).

Los granos **triángulo, monstruos o elefantes y caracoles**, no son considerados como defectos comerciales en el mercado nacional. Los frutos que dan origen a **granos vanos** son de apariencia normal pero pueden tener una o dos cavidades vacías; si su porcentaje relativo es alto, pueden afectar el rendimiento de conversión de café cereza a café pergamino.

La Tabla 1 muestra los porcentajes de estos granos anormales en las tres variedades más intensamente cultivadas en Colombia.

TABLA 1. Porcentaje de semillas anormales en tres variedades comerciales de café sembradas en Colombia.

Tipo de anomalía	Típica		Borbón		Caturra	
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo
Semillas vacías	3,5	2,4- 6,9	3,6	2,8- 4,8	3,6	2,0- 5,3
Granos caracoles	8,0	6,1-10,8	7,6	7,1- 8,5	8,7	6,4- 10,6
Semillas triangulares	1,6	0,4- 2,4	6,4	4,1- 9,4	4,9	3,4- 2,2
Semillas monstruos	1,1	0,5- 1,7	0,7	0,3- 1,0	1,1	0,7- 2,3

FUENTE: CASTILLO Z., MORENO, R.G. (2)

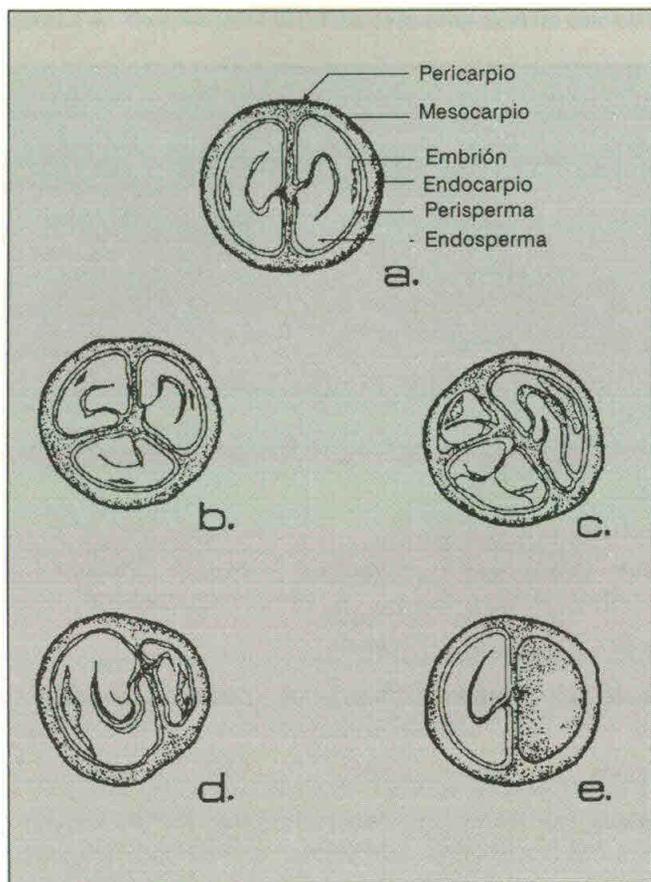


FIGURA 2. Cortes transversales del fruto del café en que se muestra la estructura del fruto (a) y diferentes anomalías de las semillas: (b) granos triángulos, (c) semillas monstruos o elefante, (d) granos caracol y (e) semillas vacías.

FUENTE: CASTILLO Z., J.; MORENO, R.G. (2)

La diferencia genética y los factores ambientales son los responsables de las variaciones en la composición química, cualitativa-cuantitativa, de las semillas de café. Las diferencias observadas en la Tabla 2 son difíciles de interpretar y de correlacionar con las cualidades organolépticas de la bebida y es en esta área donde se hace necesario hacer mucho trabajo, por parte de los países productores, para llegar a un entendimiento científico de la calidad del café y poder, en un futuro, manipularla racionalmente.

Estudios más recientes, realizados por Nei en 1972, Berthov y Trouslot en 1977, Berthov et al en 1980 y 1983 y Hopling y Oliveira en 1981, han permitido establecer algunas afinidades bioquímicas y serológicas entre especies del género *Coffea*.

Específicamente para *C. arabica*, la única especie tetraploide del género *Coffea*, se ha establecido que sus afinidades enzimáticas son similares con las de todas las otras especies diploides y que *C. arabica* presenta el mismo número de bandas electroforéticas, correspondientes a las esterasas y fosfatasas ácidas, que poseen sumadas las especies *C. eugenioides* + *C. canephora* o *C. eugenioides* + *C. congensis*.

Los estudios de electroforesis sobre fragmentos de ADN citoplasmático proveniente de cloroplastos sugieren que las especies *C. arabica* y *C. eugenioides* tienen un origen similar. De igual manera, estos mismos estudios, pero con ADN de mitocondrias, muestran una gran similitud de *C. arabica* con *C. eugenioides* y *C. congensis* y la diferencia de estas especies con *C. canephora*.

Las investigaciones sobre afinidad serológica han indicado que *C. arabica* está más cerca genéticamente de *C. congensis* y *C. eugenioides* que de *C. canephora*.

De manera general, la distancia genética entre las especies, es mucho mayor que entre las poblaciones de una misma especie y, en consecuencia, las diferencias en composición química tienen este mismo comportamiento. Un ejemplo de las diferencias en composición para cafés arábica y robusta, puede apreciarse en la Tabla 3.

### Factores agronómicos y calidad

Dentro de los factores agronómicos que pueden tener influencia sobre la calidad del grano producido por el árbol, podemos tener en cuenta los siguientes: clima, suelo, nutrición mineral y fertilización, culturales, pestes, enfermedades y los debidos a la fisiología misma de la cosecha.

#### - Clima y calidad

Los valores promedio de los componentes del clima de la zona cafetera colombiana, así como los valores de la zona óptima, pueden observarse en la Tabla 4. Cualquier cultivo de café que se encuentre por fuera de estas condiciones, puede tener problemas desde el punto de vista de la cantidad de café producido y de la calidad misma del grano.

Los componentes del clima son afectados por dos factores básicamente. La latitud y la altura sobre el nivel del mar. La zona cafetera colombiana se encuentra entre 2 y 11 grados de latitud norte. La altitud tiene una gran influencia sobre la distribución de las lluvias, que a la vez

TABLA 2. Propiedades características de los cafés

	<i>C. arabica</i>	<i>C. robusta</i>	<i>C. excelsa</i>	<i>C. liberica</i>	<i>C. amoldiana</i>	<i>C. abeokutae</i>	<i>C. eugenioides</i>
Contenido de grasas	Medio 13,0 a 14,7	Débil 10,6 a 12,6	Fuerte 14,6 a 15,6	Débil 11,9 a 12,0	Fuerte 14,8 a 15,2	Débil 11,1 a 11,9	Muy fuerte 15,6 a 16,1
Contenido de cafeína (%)	Débil	Fuerte	Débil	Bastante fuerte	Débil	Débil	Muy débil
Contenido de nitrógeno amídico (mg por 100 g)		Fuerte					
Contenido de azúcares (Roelofesen) (%)	Fuerte	Débil	Bastante débil	Fuerte			
Contenido de ácido clorogénico (Roelofsen) (%)	Débil	Fuerte	Medio	Medio			
Razón azúcares/ácido clorogénico (Roelofsen)	Elevada	Débil	Media	Media			
Contenido de manganeso (mg por 100 g)	Fuerte	Débil	Débil	Débil	Medio	Bastante fuerte	Bastante fuerte
pH del grano	Medio	Elevado	Medio	Bajo	Medio		
Actividad de la catalasa, en cm <sup>3</sup> (testigo inhibido por CHCl <sub>3</sub> )	Muy elevada	Media	Media	Media	Media	Débil	Elevada
Actividad oxidásica aparente	Débil	Elevada	Elevada	Débil	Débil	Débil	Débil
Actividad peroxidásica en unidades roja Lovibond (ensayo de la galopurpurina en café bien preparado)	Muy débil	Bastante elevada	Elevada	Muy elevada	Muy elevada	Muy elevada	
Propiedades gustativas de un café	Buenas	Medianas	Malas en frío	Malas en caliente	Malas	Bastante malas	Medianas

FUENTE: WILBAUX (3)

TABLA 3. Resumen de los datos sobre composición (% b.s.) para granos verdes y tostados de café arábica y robusta.

	Arábica				Robusta			
	Verde		Tostado		Verde		Tostado	
Minerales	3,0	- 4,2	3,5	- 4,5	4,0	- 4,5	4,6	- 5,0
Cafeína	0,9	- 1,2		~ 1,0	1,6	- 2,4		~ 2,0
Trigonelina	1,0	- 1,2	0,5	- 1,0	0,6	- 0,75	0,3	- 0,6
Lípidos	12,0	- 18,0	14,5	- 20,0	9,0	- 13,0	11,0	- 16,0
Ácidos clorogénicos totales	5,5	- 8,0	1,2	- 2,3	7,0	- 10,0	3,9	- 4,6
Ácidos alifáticos	1,5	- 2,0	1,0	- 1,5	1,5	- 2,0	1,0	- 1,5
Oligosacáridos	6,0	- 8,0	0	- 3,5	5,0	- 7,0	0	- 3,5
Polisacáridos totales	50,0	- 55,0 <sup>a</sup>	24,0	- 39,0	37,0	- 47,0 <sup>a</sup>		-
Aminoácidos		2,0		0		2,0		0
Proteínas	11,0	- 13,0	13,0	- 15,0	11,0	- 13,0	13,0	- 15,0
Ácidos húmicos		-	16,0	- 17,0		-	16,0	- 17,0

<sup>a</sup> Polisacáridos crudos.

FUENTE: SMITH A., W. (5)

TABLA 4. Componentes del clima de la zona cafetera colombiana.

Componente	Valor máximo promedio	Valor mínimo promedio	Valor normal
Temperatura	24°C 21,5°C*	17°C 19°C*	
Lluvias	3.000 mm/año 2.800 mm/año*	1.000 mm/año 1.800 mm/año*	
Brillo solar	280 horas/mes 192 horas/mes*	70 horas/mes 140 horas/mes*	
Humedad relativa	100%	35%	70 - 85%
Vientos	30 - 40 km/hora		5 - 7 km/hora

\*Zona óptima

FUENTE: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (6)

afectan el desarrollo del fruto y la distribución de la cosecha, como veremos más adelante.

La altura sobre el nivel del mar influye sobre la mayoría de los componentes del clima; en Colombia, la zona óptima se encuentra entre 1.200 y 1.800 m.s.n.m.

La temperatura en la zona cafetera colombiana, varía aproximadamente 0.6°C por cada 100 metros de altitud. La distribución de las lluvias también es afectada por los cambios de altitud y como una consecuencia de esta variación y de la temperatura, se producen los cambios de la humedad relativa.

Los largos períodos de sequía disminuyen la actividad de la planta y ocasionan el vaneamiento de los granos (**grano vano**) y fuertes bajas en la producción. También, durante los veranos puede agravarse el daño debido a la mancha de hierro en el fruto (**grano media cara**).

Las bajas temperaturas hacen que el fruto madure más lentamente y los largos períodos de abundantes lluvias favorecen el desarrollo de enfermedades tales como el mal rosado, que conducen al resecamiento del fruto en el árbol y dan origen a la pasilla en fruto (**guayaba**).

De manera general, las condiciones climáticas, principalmente las altas temperaturas y altas humedades relativas, aceleran la senescencia de los frutos y propician la infestación y crecimiento de microorganismos

causantes de cambios en la composición química y, consecuentemente, en las características organolépticas de la bebida. La intensidad de las alteraciones en el grano, debidas a causas fisiológicas o microbiológicas, están determinadas por las diferentes condiciones climáticas en las regiones de cultivo.

La lluvia de granizo, fenómeno poco frecuente pero que se presenta en algunas regiones de la zona cafetera, produce un daño físico por impacto en las hojas y frutos del café. La gravedad del daño depende del estado de desarrollo del fruto en el momento de la ocurrencia del fenómeno y puede ir desde una pérdida total hasta un daño leve que se puede manifestar a nivel de la superficie del fruto y aún del pergamino y la almendra. Las heridas causadas por el impacto del granizo abren una puerta para el ataque de hongos y bacterias que al alimentarse de los azúcares de la pulpa provocan un rápido secamiento del fruto, el cual cae o permanece como café seco en el árbol, que va a dar origen a café defectuoso que se conoce con el nombre de **grano granizado**.

#### - Suelo y calidad

Los mejores suelos para el cultivo del café son los francos de estructura granular, donde hay buena aireación y permeabilidad moderada.

Valencia-Aristizábal y Carrillo-Pachón (7) publicaron información donde se resume de manera muy práctica las condiciones físico-químicas de los suelos colombianos aptos para el cultivo de café.

## - Nutrición, fertilización y calidad

La cantidad de nutrientes minerales retirada del suelo por la planta de café, durante una cosecha, es relativamente baja comparada con otros cultivos como por ejemplo la caña de azúcar. Catani y de Moraes (8) reportan que un árbol de café arábica removió del suelo durante el quinto año 118 g de N, 16 g de  $P_2O_5$ , 120 g de  $K_2O$ , 76,5 g de CaO y 23,4 g de MgO. Cuando los árboles se plantaron con una densidad de 1.350/hectárea las extracciones de nutrientes fueron de 277 kg de N, 37,6 kg de  $P_2O_5$ , 282 kg de  $K_2O$ , 180 kg de CaO y 55 kg de MgO. Estos mismos autores estimaron que la cantidad de nutrientes retirados por una tonelada de granos verdes de café arábica es de 34 kg de N, 5,2 kg de  $P_2O_5$  y 47,8 kg de  $K_2O$ . Otros investigadores, Ripperton, Goto y Pahau (In 8), determinaron la cantidad de nutrientes retirados por la pulpa, el pergamino y la almendra equivalentes a una tonelada de granos de café verde, obteniendo los siguientes resultados: por el grano 45,5 kg de N, 7,67 kg de  $P_2O_5$  y 37,9 kg de  $K_2O$ ; por el pergamino 2,27 kg de N, 0,3 kg de  $P_2O_5$  y 1,87 kg de  $K_2O$ , y por la pulpa 15,33 kg de N, 3,67 kg de  $P_2O_5$  y 27,4 kg de  $K_2O$ .

El nitrógeno es un elemento esencial para el desarrollo de ramas, hojas y frutos. Gordian y Northmore (8) encontraron que el nitrógeno redujo la calidad, al evaluar el peso promedio de los granos, no obstante que la producción se incrementó; pero esta reducción fué menos severa para cafés cultivados bajo irrigación. Amarin et al (9) estudiando el efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre la calidad de la bebida, observaron que a mayores contenidos de nitrógeno y potasio los granos dan origen a una bebida de inferior calidad; no obstante para el caso específico del nitrógeno la pérdida de calidad fué muy pequeña. De acuerdo a estos mismos autores las pérdidas de calidad debidas a la fertilización con fósforo y nitrógeno se ven compensadas por los aumentos en la producción.

Raras veces se ha detectado respuesta de los árboles de café en producción, a la fertilización con fósforo. La respuesta es más clara en los almácigos y en las plantas jóvenes. Northmore (9) determinó que no hay correlación entre el contenido de fósforo en la semilla y la calidad física, en el grano verde o tostado y la calidad en taza.

El potasio es un elemento muy importante desde el punto de vista nutricional, para el desarrollo de la planta de café y de su fruto. El potasio es antagonista con el calcio y el magnesio; altos niveles de cualquiera de estos dos últimos disminuyen el aprovechamiento del potasio. Northmore (In 8, 9, 10) reporta que para altos niveles de

potasio y calcio en la semilla, la calidad total (grano verde, grano tostado y licor) se reduce (Tabla 5). Muestras con contenido de potasio inferiores a 1,75% presentan estadísticamente mejor calidad.

De acuerdo con Robinson (In 8) la deficiencia de hierro en suelos con alto pH induce la aparición del **grano ámbar o mantequilla**.

Las deficiencias de Mg normalmente no afectan la producción pero tienen un efecto adverso sobre la calidad. Cannell (In 12) mostró en Kenia, que aplicaciones repetidas de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) o estiércol de vacuno, favorecen el incremento de granos de un color pardo indeseable en el café verde y con pobres características en la torrefacción. Este efecto se asoció con la deficiencia de Mg inducida por el alto contenido de K del pasto elefante o los altos niveles de K y Ca en el estiércol de vacuno.

## - Factores culturales y calidad

Muy poca es la información que se encuentra en la literatura sobre índices que correlacionen, directa o indirectamente, prácticas culturales tales como: calidad del semillero, calidad del almácigo, calidad del transplante al campo, altura de cultivo, cultivo al sol y a la sombra, desyerbas y control de malezas, densidad de siembra, podas y zocas, irrigación, aspersión con acelerantes de la maduración del fruto, etc., con la calidad total del café producido. En casi todos los estudios relacionados con esos temas se determina el efecto sobre el aspecto cuantitativo de la producción pero no sobre el cualitativo.

Es bien conocido que en los países centroamericanos la clasificación de calidades se hace con base en

**TABLA 5. Distribución de las muestras de acuerdo a sus contenidos porcentuales de calcio, potasio y a su calidad.**

% en semilla*	Calidad		
	Buena	Media	Pobre
<b>CALCIO</b>			
Menor de 0,111	31	7	11
Mayor de 0,111	6	18	12
<b>POTASIO</b>			
Menor de 1,75	23	13	8
Mayor de 1,75	10	32	15

\*Valores promedio encontrados en la semilla.

FUENTE: NORTHMORE (IN 8, 9, 10)

la altura de cultivo, por ejemplo en Costa Rica se usa la denominación café "de altura" para identificar el café de más alta calidad. Wilboux en 1939 y De Gialluly en Costa Rica (3) han determinado, para *C. arabica*, que la calidad total y muy especialmente la acidez se desarrollan en función de la altitud.

Con el fin de conocer la influencia del sombrío sobre la calidad del café producido se realizó en los alrededores de Djuge (Alto Ituri, Congo), con una plantación de *C. arabica* (Bourbón, que da normalmente grano pequeño), un experimento durante 2 años y se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 6.

Como puede observarse estos resultados provienen de un número reducido de experimentos que limitan el análisis estadístico y no permiten hacer deducciones con un grado aceptable de confiabilidad. No obstante, estos datos nos permiten tener una idea de la posible tendencia de estos efectos sobre la calidad del café verde.

De manera general se sabe que el cafeto cultivado bajo sombrío y no fertilizado tiene un mayor nivel de producción que el cultivado sin sombrío y no fertilizado; pero la respuesta a la fertilización, medida en producción, es mayor para el cafeto cultivado sin sombrío. Triana en 1957 (In 11) demostró claramente la más alta producción del café sin sombrío.

El efecto de prácticas culturales tales como la poda y el zoqueo, sobre la calidad del café, ha sido poco estudiado. Okelana (In 11), trabajando con café Robusta, observó el efecto de la altura de zoqueo y del número de ramas que se dejan en el árbol sobre la producción y el tamaño de grano. La producción total en

los primeros 20 meses después del zoqueo fué mayor cuando se dejaron cuatro ramas por árbol, pero la calidad del café, medida por el tamaño del grano, fué más baja.

De acuerdo a Cannell (In 11) la planta de café no dispone, como muchas otras plantas, de un mecanismo regulador para descartar los frutos que sobrepasan su capacidad para llevar la cosecha a plena madurez. La sobrecarga del árbol es corriente para cultivos a plena exposición y si ésta va acompañada de deficiencias nutricionales y ataque de enfermedades (por ejemplo roya), en la etapa de desarrollo del fruto, se origina el defecto que se conoce en nuestro medio como **grano paloteado**, que es un tipo de **grano inmaduro**.

Varios productos (Ethepon, Acido Giberélico, etc.) han sido utilizados para tratar de homogenizar la maduración de la cosecha. Rodríguez y Jordan-Malero (In 11) reportaron que en café arábica una solución de 4.000 p.p.m. de Ethepon maduró el 92% de la cosecha en un cultivo a la sombra y que en una concentración de 500 a 1.000 p.p.m. fue suficiente para lograr el mismo resultado en un cultivo sin sombrío. Oyebade (11) observó que, bajo ciertas condiciones, el Ethepon madura la pulpa pero no el grano lo cual origina un problema de calidad ya que una alta proporción de **granos inmaduros** causa una apreciable pérdida de calidad en la taza. Sondahl *et al* (14) utilizando concentraciones de 500, 1.000 y 2.000 p.p.m. de Ethrel y dos épocas de aplicación encontraron mediante prueba de taza y análisis estadístico de los resultados que no hay diferencia significativa entre las dosis pero sí entre los períodos de aplicación. Los resultados sugirieron que el Ethrel puede utilizarse para lograr una maduración más uniforme de las cerezas de café sin afectar la calidad; pero es nece-

TABLA 6. Efecto del sombrío sobre algunas características de calidad del café.

Características registradas	Con sombra*	Sin sombra**
Peso de un litro de café comercial	716,00 g	703,00 g
Peso medio de 100 granos de café comercial	14,56 g	13,55 g
<b>Clasificación por tamaño</b>		
No pasan la criba de 8 mm de diámetro de malla	1,50%	0,60%
No pasan la criba de 7 mm de diámetro de malla	22,55%	9,55%
No pasan la criba de 6 mm de diámetro de malla	62,60%	75,45%
No pasan la criba de 5 mm de diámetro de malla	13,10%	13,25%
Pasan la criba de 5 mm de diámetro de malla	0,25%	1,15%

\* Bastante ácido, tiene cuerpo, infusión bastante buena.

\*\* Sin acidez, poco cuerpo, infusión pobre.

FUENTE: WILABUX (3)

sario que el fruto esté completamente desarrollado en el momento de la aplicación del producto.

### - Pestes y calidad

La principal peste a nivel mundial, que ataca al café, son los insectos de los cuales se conocen 900 especies que parasitan este cultivo. Kramer (In 13) reunió información a nivel mundial sobre pestes, enfermedades y malezas que afectan el cultivo del café, permitiéndole calcular pérdidas para América equivalentes al 10% del total mundial.

Las variedades de *C. arabica* son generalmente más susceptibles a las pestes que las de robusta.

Entre las principales plagas del cafeto en Colombia, que atacan el fruto, se encuentran: el grillo *Idiarthron subquadratum* (Sauss & Pict) que se alimenta de la pulpa; la escama articulada *Selenaspis articulatus* (Signoret) que ataca los frutos de los árboles en producción; la escama negra *Ischnaspis oingirostris* (Signoret) que ataca los frutos de cafetales viejos y semi-abandonados.

Dos plagas tienen una importancia potencial grande en Colombia: la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann) y principalmente la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). La primera deposita sus huevos en los frutos en desarrollo y la larva se alimenta del mucílago. En algunos casos la cereza atacada se desprende prematuramente, en otros, permanece en el árbol y la larva continúa su desarrollo en el fruto. Inicialmente se creyó que la larva no era dañina pero posteriormente se demostró (12) que en algunos casos el embrión de la semilla muere y se infecta con microorganismos dando, posteriormente, origen a los "stinkers ocultos" o granos hediondos o podridos que constituyen uno de los defectos de calidad más importantes del café ya que le comunica sabores y olores francamente desagradables a la taza. Estos granos se han llamado "stinkers ocultos" porque no pueden ser detectados en el café fresco y la apariencia apagada y el olor desagradable sólo se desarrollan unos meses más tarde, después de que el café ha sido embarcado. Los granos stinkers pueden ser detectados prematuramente en el proceso de trilla, utilizando luz ultra-violeta la cual hace fluorescente los tejidos afectados por microorganismos.

La broca del café es un gorgojo originario del África y se encuentra ampliamente difundido en muchos de los países productores. A Guatemala hizo su arribo en 1971, en Colombia todavía no se encuentra presente pero ya

se reportó en la frontera con Ecuador. El insecto se procrea en las cerezas secas que quedan en el árbol, después de la cosecha, o en las que caen al suelo. La larva no puede alimentarse ni procrearse en café almacenado con un correcto contenido de humedad (10 - 12%) pero lo hará si el café es humedecido. Los daños físicos y químicos ocasionados a los granos atacados por insectos, son graves y la importancia económica de éstos es apreciable; pudiendo perderse hasta la cuarta parte de la cosecha cuando no se controla.

El gorgojo del café almacenado ***Araecerus fasciculatus*** (DeGeer) frecuentemente pasa al café desde sacos, almacenes o vehículos utilizados para maíz y otros productos. Es un cucarroncito de 4 a 5 mm de color castaño oscuro que se alimenta de la almendra produciendo galerías dentro de ésta y dejándola totalmente inutilizada para el proceso de torrefacción, durante el cual este tipo de granos atacados por insectos se carbonizan.

Según Amorin (in 9) cualquier factor ambiental que altere la estructura de la membrana, por ejemplo ataque de insectos e infecciones microbianas o daños mecánicos del grano durante su beneficio, provoca un deterioro rápido de la calidad. Una vez rota la membrana celular hay un mayor contacto entre las enzimas y los compuestos químicos presentes intra y extracelularmente en el grano, efectuándose reacciones químicas que modifican la composición y en consecuencia la calidad.

### - Enfermedades y calidad

Las variedades de *C. arabica* son más susceptibles a enfermedades que las de robusta y en muchos países estas enfermedades son un factor limitante para su producción.

Muchas de estas enfermedades son causadas principalmente por hongos patógenos o también por bacterias y virus. Pueden atacar directamente la cereza, afectando la calidad del café, o debilitar la planta por deterioro de las raíces, el tallo, las ramas o las hojas.

Casi todas las enfermedades conocidas en Colombia, que atacan la cereza del café, son producidas por hongos y en consecuencia son favorecidas por ambientes lluviosos y húmedos. Muchas de ellas afectan frutos verdes, pintones y maduros dando origen a lo que se conoce como **café pasilla, guayaba** o **media cara** que deben ser retirados durante el proceso de beneficio húmedo. Las más importantes de estas enfermedades son: mancha de hierro *Cercospora coffeicola* (Berk y

Cook), muerte descendente *Phoma* sp., mal rosado o brasa *Corticium salmonicolor* (Berk. y Br.), gotera u ojo de gallo *Mycena citricolor* (Berk. y Curt) Sacc., antracnosis *Colletotrichum* spp., mancha mantecosa *Colletotrichum* spp., pudrición de los frutos *Botrytis* sp., mal de hilachas, arañera, hebraviva o koleroga *Pellicularia*, (Cook) y fumagina *Capnodium* spp.

Actualmente la principal enfermedad del cafeto en Colombia es la roya *Hemileia vastatrix* (Berk. y Br.) que aunque no ataca directamente la cereza si puede contribuir a producir un deterioro en la calidad del fruto al combinar sus efectos con los debidos a una insuficiente fertilización, a una sobrecarga en la producción o a cualquier otro problema que produzca un fuerte debilitamiento de la planta. Estos efectos sumados dan origen al defecto de calidad conocido como **grano inmaduro**, proveniente del **paloteo**. Este defecto se debe a la detención del desarrollo del fruto por incapacidad de la planta para sacar adelante la cosecha, produciéndose frutos resacos en el árbol y con diferentes niveles de desarrollo.

**- Fisiología de la cosecha y calidad**

Las características fotosintéticas del café son claramente las de una especie adaptada a la sombra. Las hojas que crecen a la sombra son más eficientes fotosintéticamente que las que crecen al sol. Las hojas que crecen en condiciones tropicales y a plena exposición solar reciben niveles de radiación entre 3 y 5 veces por encima del de saturación, la temperatura puede ser entre 5 y 20°C superior a su temperatura óptima y pueden sufrir daño físico. Para maximizar la producción de materia seca por hectárea, en cultivos a plena exposición solar, el café debe cultivarse tan junto como sea posible para que la radiación y el calor se distribuyan en una gran área foliar.

La sobrecarga del árbol es un fenómeno típico del cafeto cultivado a plena exposición solar y a distancias de siembra convencionales. De acuerdo a Cannell, Vasudeva y Ratageri (13), bajo condiciones favorables pueden encontrarse entre 12 y 20 frutos por nudo cada uno de los cuales soporta un máximo de dos hojas (30 - 40 cm<sup>2</sup>). Estudios hechos con *C. arabica* indican que se necesita aproximadamente 20 cm<sup>2</sup> de área foliar por fruto de café para que no haya una limitación severa del crecimiento vegetativo de la planta durante el desarrollo de la cosecha y para que se presente una sobreproducción cada dos años. Cuando se presentan estos desequilibrios entre el número de hojas y frutos en un cierto estado de desarrollo de la cosecha se puede originar el **grano inmaduro** proveniente del **paloteo**.

Hay otra serie de granos defectuosos que pueden originarse durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto y muy especialmente por una deficiencia de tipo hídrico, tales como el **grano vano** y el **grano negro**.

Cannell (13) ha hecho una excelente descripción de los diferentes estadios evolutivos del fruto de *Coffea arabica* L. Durante la primera etapa de desarrollo del fruto, entre las primeras 6 y 8 semanas después de la fertilización de los ovarios, las células comienzan a dividirse pero el volumen y el peso del fruto varía muy poco permaneciendo en el estado llamado de cabeza de alfiler (Figura 3).

De la semana 6 a la 16 después de la floración los frutos aumentan rápidamente en volumen y en peso seco, principalmente en lo relativo al pericarpio. Durante este período hay una rápida expansión celular y los frutos alcanzan un alto contenido de agua (80 - 85%). Pero algo aún más importante es que los dos lóculos del fruto, que van a contener las almendras, se hinchan a su tamaño definitivo y el endocarpio (pergamino), el cual

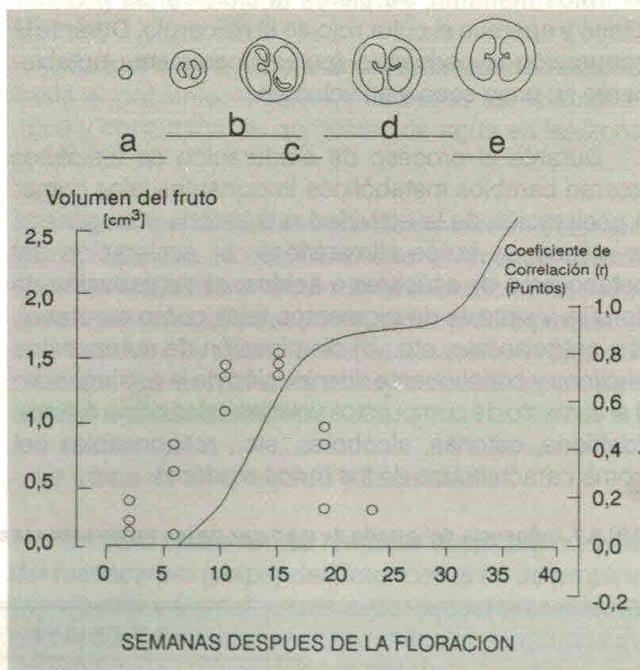


FIGURA 3. Desarrollo de frutos de café arábica. Volumen promedio del fruto y coeficientes de correlación (puntos) entre el número de días de lluvia, en los diferentes estados de desarrollo del fruto y la proporción de granos grandes en la cosecha (proporción de granos retenidos sobre malla 6.75 mm), a = estado cabeza de alfiler, b = expansión rápida y crecimiento del pericarpio, c = formación del endosperma, d = acumulación de materia seca, e = maduración del fruto.

FUENTE : CANNELL (13)

delinea los lóculos, lignifica, quedando entonces determinado desde este momento el volumen máximo posible que alcanzarán las almendras. El tamaño al cual el lóculo se hincha depende principalmente del estado hídrico de la planta. Los frutos que se expanden durante un período húmedo son más grandes que los que lo hacen en un período seco. Por fuera de este período, las lluvias, el nivel de producción, la defoliación parcial y las prácticas culturales como la irrigación tienen poco efecto sobre el tamaño del grano (Abruna, Silva y Vicente-Chandler; Cannell (13)). Por el contrario el tamaño del mesocarpio (pulpa) depende grandemente del nivel de producción.

Los endospermas de las semillas o almendras se forman aproximadamente entre la semana 12 y la semana 18 después de la floración. Una vez las almendras llenan los lóculos comienza la acumulación de materiales de reserva y minerales. Las almendras incrementan rápidamente su peso seco con poco incremento en el tamaño del fruto.

Entre las semanas 30 y 35 después de la floración los frutos maduran, se pierde la clorofila, se produce etileno y aparece el color rojo en el epicarpio. Durante la maduración el pericarpio (pulpa) incrementa notablemente su peso seco y su volumen.

Durante el proceso de maduración de los frutos ocurren cambios metabólicos importantes tales como: a) aceleración de la actividad respiratoria y biogénesis de etileno en frutos climatéricos; b) aceleración del metabolismo de azúcares a ácidos; c) degradación de clorofila y síntesis de pigmentos tales como carotenoides, antocianinas, etc.; d) disminución de compuestos fenólicos y consecuente disminución de la astringencia; e) el aumento de compuestos volátiles, tales como ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, etc., responsables del aroma característico de los frutos maduros.

Estas modificaciones en la composición química llevan los frutos a su punto ideal para la recolección, en el cual los constituyentes químicos alcanzan contenidos que le confieren las características típicas de la completa madurez.

**FACTORES DE COSECHA QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFE**

**- Nivel de madurez - estado sanitario y calidad**

En la práctica la maduración de los frutos se evidencia por el cambio de color del verde al color característico de la cáscara del fruto maduro, el cual para el caso del café es rojo cereza o amarillo dependiendo de la variedad de café.

Después de la maduración total los frutos entran en un período en el que el catabolismo predomina sobre el anabolismo iniciándose la fase de senescencia. En esta fase hay fermentaciones con producción de alcoholes y ácidos indeseables, ruptura de la estructura de la pared celular por modificaciones en las pectinas, celulosas, hemicelulosas y ligninas; oscurecimiento de la pulpa debido a oxidaciones de pigmentos y pudrición. En consecuencia, la calidad de los frutos tiende a disminuir marcadamente.

Ha sido ampliamente demostrado que la mejor calidad del café, tanto del grano como de la infusión, se obtiene cuando el fruto es cosechado en su estado de óptima madurez. En este estado la composición química tanto cualitativa como cuantitativa, se encuentran en su punto óptimo permitiéndole al fruto la expresión de su máxima calidad. Garruti y Gómez en el Brasil (in 9) observaron que los cafés cereza maduros (despulpados y no despulpados) presentaron calidad de bebida superior (suave) a la de los frutos cosechados verdes (bebida "muy dura") (Tabla 7).

TABLA 7. Influencia del estado de madurez de los frutos sobre la calidad de la bebida. Ensayos en 1958 y 1959 (Estado de Sao Paulo).

	COSECHA 1958		COSECHA 1959	
	Media del puntaje	Calidad de la bebida	Media del puntaje	Calidad de la bebida
Bebida-patrón-suave	7.1	Aparentemente suave	8.7	Suave
Cerezas despulpadas	8.2	Suave - ácida	7.3	Aparentemente suave
Cerezas no despulpadas	6.0	Aparentemente suave	7.3	Aparentemente suave
Frutos secos en el árbol	3.4	Muy dura	4.7	Dura
Frutos cosechados verdes	3.0	Muy dura verde	4.4	Muy dura
Bebida-patrón-riada	1.6	Riada	1.1	Riada
Frutos recogidos del suelo	0.3	Río	0.5	Río

FUENTE: DEA DE CARVALHO y CHALFOUN (9)

Los frutos verdes presentan algunos compuestos químicos en niveles diferentes al ideal, presentado por los frutos maduros, lo cual se refleja en las características organolépticas de la bebida. De manera similar los frutos secos en el árbol o recojidos del suelo son materiales que ya han comenzado su fase de senescencia; con la consecuente ruptura de la membrana celular y presencia de compuestos químicos derivados de procesos fermentativos o del ataque de microorganismos.

En general las condiciones de alta humedad del suelo, la sobremaduración y el paso del estado de cereza verde a fruto seco pueden provocar degradación de la membrana y favorecer las fermentaciones y las infecciones microbianas.

Bitancourt y Chalfoun (in 9) verificaron la presencia de hongos, tales como *Cladosporium* sp., *Coletotrichum coffeanum* Noack; *Fusarium* sp. y *Penicillium* spp. en las diferentes fases del proceso del café desde la recolección hasta el almacenamiento.

Teixeira *et al* (in 9) determinaron que mezclas de café normal con porcentajes superiores al 15% de granos verdes o fermentados, así como superiores al 10% de granos negros, perjudican sensiblemente la calidad de la bebida.

De acuerdo con Choussy (in 9) la intensidad de la alteración en la composición química de los granos debida a causas fisiológicas o microbiológicas está en relación con las diferentes condiciones climáticas de las diversas regiones de cultivo y en consecuencia para éstas donde las condiciones ambientales son altamente favorables a los ataques microbianos los frutos deben ser cosechados a mano, en su estado de óptima madurez; rápidamente despulpados, fermentados, lavados y secados artificialmente en dispositivos mecánicos.

Para la obtención de un café de excelente calidad es condición indispensable la ejecución de una recolección racional entendiéndose por ésto el cosechado manual de únicamente cerezas maduras y sanas. El beneficio de una mezcla de cerezas verdes, amarillo verdosas, anaranjadas, rojas y negras sólo puede producir una calidad heterogénea tanto en el color de la almendra como en las propiedades gustativas de la infusión.

Las cerezas de color amarillo verdoso y sobre todo verde, dan una almendra de coloración defectuosa (**grano decolorado**) y una bebida áspera y picante. Las cerezas sobremaduras, de color rojo-vinoso, producen una bebida con sabor a fruta ("fruity") e incluso a levadura ("yeasty"). Por su parte las cerezas negras, parcialmente deseca-

das en el árbol, originan un café pergamino con parte de la pulpa adherida (**grano media cara**) y una almendra de color apagado (**grano decolorado**) así como una infusión con sabor a madera ("woody").

## FACTORES DE POST-COSECHA QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFE

El tipo de proceso de beneficio al cual se somete el fruto de café después de la recolección, depende en gran medida de la especie de café cultivada, de la disponibilidad de agua y sobre todo, del tipo de recolección practicada.

Normalmente los cafés arábica recolectados racionalmente (recolección manual del fruto maduro y sano) son beneficiados por vía húmeda y dan origen a las bebidas suaves de más alta calidad. Los cafés arábica recolectados indiscriminadamente (frutos maduros, verdes, pintones, etc.) y los robusta beneficiados por vía seca (secados sin remover la pulpa) dan origen a bebidas de calidad media y baja respectivamente.

### - El beneficio húmedo del café y la calidad

Este proceso, tal y como se ha venido haciendo hasta el presente, requiere volúmenes apreciables de agua y contamina las corrientes de agua en las zonas productoras.

El proceso es utilizado principalmente en Colombia, Kenia, Tanzania, India, Indonesia y América Central. Tiene por objeto liberar al fruto de su epicarpio y mesocarpio (pulpa y mucílago) para poder secar el café pergamino más fácilmente y posteriormente almacenarlo bajo condiciones que aseguren una mejor conservación de la calidad a través del tiempo.

### - La etapa de despulpado y la calidad

En esta operación se remueve el epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del fruto, con el fin de propiciar una aceleración del proceso de descomposición del mucílago y evitar el manchado del café pergamino por difusión de los pigmentos antocianicos presentes en el epicarpio del fruto.

La pulpa constituye, aproximadamente, el 40% del peso del fruto fresco y el 29% en base seca, presentando un contenido natural de humedad del 77% (15, 16).

En la operación de despulpado se pueden originar daños químicos por retardo en la operación ó daños mecánicos por mal uso de la máquina despulpadora.

Durante el desarrollo del fruto de café en el árbol, los azúcares, principalmente la galactosa, se oxidan a ácidos galacturónicos que por deshidratación producen anhídridos los cuales polimerizan dando origen a las sustancias pécticas. A estas sustancias, dependiendo de su peso molecular, se les conoce como protopectinas, pectinas y ácidos pécticos. La descomposición de estas sustancias pécticas, por hidrólisis enzimática durante el proceso de maduración del fruto, es lo que da origen al mucílago y a las mieles, las cuales cumplen una función lubricante durante la operación de despulpado. La ausencia de mucílago en el fruto, por falta de madurez o por resecamiento en el árbol, no permite una adecuada y completa remoción de la pulpa lo que da origen al defecto conocido como **grano media cara**.

Una adecuada y oportuna calibración del ajuste de la despulpadora, sobre todo al comienzo y en el grueso de la cosecha, es necesaria para evitar la aparición del **grano mordido** y el **grano aplastado**. Las heridas causadas en el grano permiten la mezcla y reacción de los constituyentes químicos solubles presentes intra y extracelularmente así como las oxidaciones debidas al oxígeno del aire. Lo anterior explica la aparición de un color negro en el borde de las heridas de los granos por oxidación de compuestos principalmente de tipo fenólico.

De igual manera estas heridas favorecen el ataque de microorganismos (hongos y bacterias) los cuales a su vez producen compuestos químicos extraños al café verde.

Los daños físicos sufridos por el grano tienen su efecto sobre la calidad del proceso de torrefacción al no presentar la almendra una matriz uniforme para los intercambios de calor y los efectos de las presiones desarrolladas durante la pirólisis.

Los granos con daños físicos frecuentemente se carbonizan debido a que las reacciones pirolíticas ya no ocurren dentro de la célula y en ausencia de aire sino en contacto directo con éste.

Todas estas reacciones cambian la composición química original del café verde y en consecuencia las propiedades organolépticas de la infusión preparada con éste.

#### - La etapa de fermentación y la calidad

En este proceso se descompone el resto del mesocarpio, mucílago, que no fue retirado en la operación de despulpado, con el fin de permitir su remoción en

la operación de lavado y facilitar los procesos de secado y almacenamiento del grano.

El mucílago constituye aproximadamente el 22% del peso del fruto fresco y el 5% en base seca, presentando un contenido de humedad del 85 al 90% (15, 16).

Normalmente, los daños en la calidad del café, generados en el proceso de fermentación natural son debidos a largos períodos de fermentación (superiores a 24 horas). En la zona cafetera colombiana la fermentación natural de café recolectado en su punto óptimo de madurez demora entre 12 y 20 horas (dependiendo de la altura sobre el nivel del mar lo cual determina en gran medida la temperatura a la cual se encuentran las instalaciones de beneficio).

La velocidad de hidrólisis (descomposición) del mucílago depende de la temperatura de la masa de café en fermentación y del grado de madurez del fruto, que a su vez determina el contenido de enzimas pectinolíticas y la cantidad de azúcares.

El mucílago se forma en el fruto del café cuando éste ha alcanzado un buen nivel de madurez y se encuentra ausente en los frutos verdes y secos en el árbol.

La hidrólisis y fermentación de los compuestos que forman el mucílago (pectinas y azúcares principalmente) se lleva a cabo por una acción combinada de las enzimas naturales del fruto y de los microorganismos.

Después del despulpado, el café en baba queda expuesto a la acción de microorganismos tales como levaduras, hongos y bacterias que al encontrar condiciones favorables para su desarrollo infectan el grano. Estos microorganismos producen sus propias enzimas las cuales actúan principalmente sobre los azúcares oxidándolos y produciendo alcoholes y ácidos, al tiempo que se eleva la temperatura de la masa de café por el calor generado en estas reacciones. Algunos de los compuestos que se forman durante la fermentación del café, son: el alcohol etílico, el cual a su vez es oxidado a ácido acético y el ácido láctico.

Cuando la fermentación es muy prolongada, la infección por los microorganismos se torna importante y comienzan a aparecer daños en la calidad, por la formación de compuestos responsables de sabores y olores indeseables como ácidos propiónico y butírico. La fermentación butírica es la fase pútrida de la etapa de

fermentación y prosigue su curso en las aguas de lavado, dando origen a las emanaciones nauseabundas en los beneficiaderos.

Todos los daños de calidad causados al grano por fermentaciones prolongadas (sobrefementaciones) son de tipo químico y en consecuencia se reflejan directamente en las propiedades organolépticas de la bebida. También hay efectos sobre la apariencia del producto (cambio de color - decoloramiento).

La gravedad del daño depende del tiempo de sobrefementación lo cual determina la aparición de toda una gama de **granos fermentados** con olores y sabores indeseables ("off-flavours"), tales como: fruta (piña), cebolla (ácido propiónico), agrio (vinoso), típico fermento (ácido acético), queso (vinagre penetrante) y "stinker" (podrido).

El grano "stinker" puede considerarse como el último estado del grano sobrefementado y se caracteriza por su color tabaco, expulsión del embrión y producción de vapores ácidos. Este defecto tiene especial importancia por la capacidad que tienen los granos afectados de dañar grandes cantidades de granos que se encuentren a su alrededor. El origen de estos granos y su composición química ha llamado la atención de varios investigadores; por ejemplo, Borel *et al* (17) han realizado estudios por CG/EM (Cromatografía de gases/espectrometría de masas) lo cual les ha permitido pensar que muchos de los compuestos presentes en el grano "stinker" provienen de fermentaciones por enterobacterias. Así mismo, Challot (18) dice que la aparición de los granos "stinker" parece ser la consecuencia de malas condiciones de proceso: almacenamiento prolongado de las cerezas antes del despulpado, despulpado con agua sucia, almacenamiento del café después de un secado insuficiente. Algunas diferencias en la composición química de granos sanos y granos "stinker" pueden observarse en la Tabla 8.

**TABLA 8. Esteres de las fracciones volátiles de un café verde sano y de un café verde hediondo.**

Esteres	Café hediondo	Café sano
Isobutanoato de etilo	+	-
Acetato de isobutilo	++	+
Acetato de metoximetilo	+	-
Butanoato de etilo	+	-
2-Metil butanoato de etilo	++++	-
Acetato de isoamilo	++++	+
Acetato de n-hexilo	+	-

FUENTE: GUYOT *et al* (19)

Todos los daños ocasionados a la calidad del café durante el proceso de fermentación son de importancia económica puesto que provocan rechazo del producto por parte de los compradores. No obstante, estos problemas pueden ser fácilmente evitados practicando una recolección selectiva del fruto maduro y sano, despulpando inmediatamente después de la recolección, determinando oportunamente el "punto de lavado" (fin del proceso de fermentación) y lavando bien el grano con agua limpia.

**- La etapa de lavado y la calidad**

En la operación de lavado se retiran todos los productos de la hidrólisis y fermentación del mucílago, con el fin de evitar la formación de sabores y olores indeseables en la etapa de secado y en el proceso de almacenamiento.

Hay dos condiciones que deben cumplirse para asegurar un buen lavado del café: que la etapa de fermentación haya sido suficiente (completa hidrólisis del mucílago) y que el agua empleada en la operación sea limpia. Si la primera condición no se cumple quedan restos de mucílago, sobre todo a nivel de la hendidura del café pergamino, el cual continúa su descomposición en la etapa de secado y puede generar "café fermentado" o servir como sustrato para el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos, durante el proceso de almacenamiento, produciendo café con el pergamino manchado y con sabor y olor a moho, generalmente conocidos como **café sucios**. La utilización de aguas sucias genera una serie de defectos en el café que dependen de la fuente de contaminación; por ejemplo si el agua está polucionada con residuos del beneficio del café, puede originar el **café fermentado** y aún los **café "stinker"** pero si está contaminada con tierra se producen los **café con sabor terroso**, otro tipo de **café sucio**.

Las aguas residuales del beneficio del café causan, frecuentemente, graves problemas de contaminación de los ríos donde se descargan. Este problema se agudiza en zonas con deficiencia de agua y a veces en sitios donde la evacuación de tales aguas se dificulta por la naturaleza del terreno.

Las aguas residuales utilizadas en el beneficio de un kilogramo de café en cereza poseen una capacidad contaminante equivalente a la de una persona/día (20), expresadas en Demanda Química de Oxígeno (DQO = 70 g/kg café en cereza). Estos costos de contaminación no están siendo suficientemente bien reconocidos, por el mercado internacional, a los países productores de **café suaves lavados**.

## - La etapa de secado y la calidad

El secado del café es una de las operaciones más delicadas del proceso de beneficio que puede tener consecuencias desastrosas sobre la calidad del producto, si no se tienen los cuidados necesarios.

Durante el secado se rebaja la humedad del café del 52% b.h. (humedad natural del café verde) a 10 - 12% b.h. Esto con el fin de poder almacenar el producto en condiciones que permitan conservar su calidad al disminuir la actividad enzimática y el contenido de agua, lo que impide a su vez el desarrollo de hongos, mohos y bacterias durante el almacenamiento.

El secado puede realizarse naturalmente, secado al sol, ó mecánicamente, mediante dispositivos apropiados para el efecto y provistos de cámaras de combustión y ventiladores para el calentamiento e impulsión del aire. En los dispositivos mecánicos es necesaria la inclusión de un intercambiador de calor para evitar que los gases de combustión entren en contacto con el café y deterioren su calidad.

En algunos países, especialmente en Kenia, se le da gran importancia al secado al sol y algunos investigadores como McCloy (21) y Gibson (22) atribuyen el desarrollo del color verde-azuloso de los cafés de alta calidad a efectos de la radiación solar durante el secado natural.

Una mala operación de secado puede influir no sólo sobre la apariencia del producto crudo sino sobre el gusto de la infusión. Normalmente, los daños en la calidad del café, generados en el secado, son debidos a la utilización de altas temperaturas que inducen cambios en la composición química de la almendra. Arcila (23) constató daños en el embrión (pérdida del poder germinativo) al usar temperaturas superiores a 45°C en el secado de la semilla (Tabla 9).

El principal defecto ocasionado por las altas temperaturas de secado, sobre todo cuando el grano tiene altos contenidos de humedad, es el **grano cristalizado** caracterizado por un color gris azuloso y una consistencia frágil y quebradiza.

Muchas de las fallas en el proceso de secado, se manifiestan durante el almacenamiento del producto y son debidas básicamente a un secado excesivo o deficiente.

Una de las primeras características del grano que se ve afectada por un mal proceso de secado es el color

**TABLA 9.** Influencia de la temperatura de secado en la germinación de semillas de *C. arabica* L. var. Caturra. Contenido de humedad de la semilla: 12-13%.

Temperatura de secado (°C)	% de Germinación
A la sombra (temperatura ambiente)	95
Estufa a:	
25	95
30	94
35	92
40	95
45	95
50	80
55	45
60	4
70	0
80	0

FUENTE: ARCILA (23)

verde-azuloso típico de los granos de buena calidad. La descomposición de las sustancias responsables de esta coloración da origen al **grano blanqueado** o **decolorado**, el cual puede también formarse por problemas diferentes a fallas en el secado. Específicamente por problemas de secado puede formarse el **grano decolorado-veteado**, debido a rehumedecimiento durante o después del proceso y se caracteriza por presentar vetas blancas en la superficie de la almendra.

Otro tipo de grano decolorado, formado en el secado, es el **grano decolorado-sobresecado** ó **quemado** el cual es de color ámbar o ligeramente amarillento y es originado por un excesivo tiempo de secado. Por el contrario, una falta de secado origina el **grano flojo** el cual se caracteriza por presentar una almendra de color gris oscuro y de consistencia blanda. Este último defecto es particularmente importante por la facilidad con que el grano es utilizado como sustrato para el crecimiento de hongos y bacterias, durante el proceso de almacenamiento.

## - El proceso de almacenamiento y la calidad

Normalmente los países productores de café no pueden comercializar todo el café que producen y en consecuencia es necesario almacenarlo por períodos de tiempo que fluctúan entre unos meses y varios años.

Para tener unas buenas condiciones de almacenamiento es necesario disponer de bodegas limpias, libres de insectos, en lo posible a temperaturas relativamente bajas y poder tener un control de la humedad relativa del aire, con el fin de asegurar el mantenimiento de un equilibrio dinámico entre el agua que se encuentre

en el interior del grano y la humedad del aire ambiente circundante.

La Figura 4 muestra la estrecha relación que hay entre el contenido de humedad del café y la humedad relativa del aire que lo circunda, cuando el sistema se encuentra en equilibrio, para una temperatura determinada.

Como puede observarse en la curva de equilibrio para una temperatura de 20°C un café con 12% de humedad necesita una humedad relativa del aire del 65% para mantenerse en equilibrio. Si la humedad relativa del aire es superior, el café captará agua del medio ambiente hidratándose y si es inferior, el café cederá agua al medio, deshidratándose.

Además de los requisitos anteriores, para asegurar la conservación de la calidad, durante el almacenamiento, es absolutamente necesario que el café sea introducido en el almacén sólo cuando su nivel de humedad esté por debajo del 12%; humedades superiores hacen posible una mayor actividad enzimática y el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias que deterioran rápidamente la calidad del producto.

Uno de los problemas de calidad más comunes en el proceso de almacenamiento del café es la formación del grano decolorado, conocido como **café reposado**, el cual se caracteriza por presentar tonalidades de color que van desde el blanqueado, crema, amarillo, hasta el carmelito. La aparición de este defecto es causada por malas condiciones de almacenamiento y su desarrollo puede tomar entre unos días y varios meses, dependiendo de lo adversas que sean las condiciones ambientales en el lugar de almacenamiento. Bacchi (24) estu-

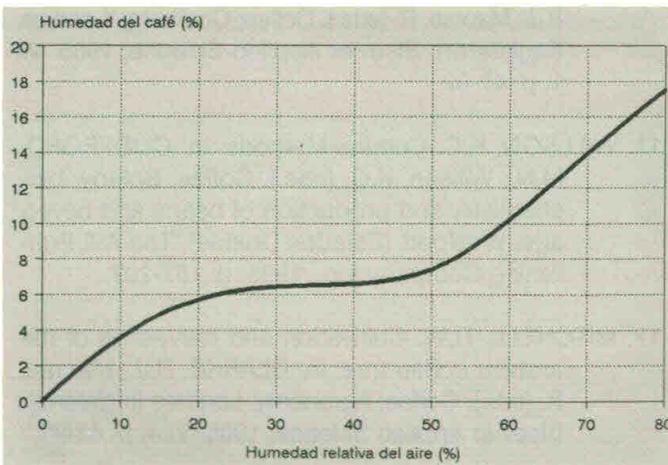


FIGURA 4. Equilibrio entre el contenido de humedad del café en pergamino y la humedad relativa del aire.

diando el problema del blanqueamiento, durante el almacenamiento, llegó a la conclusión de que el factor más determinante, en la aparición de este defecto, fue la humedad relativa del aire, la cual a niveles superiores al 80% acelera grandemente la decoloración de los granos. Amorin (25) dedujo que las heridas mecánicas, causadas al grano durante el proceso de beneficio, aceleran el blanqueamiento del café provocando un deterioro de la calidad por ruptura de la membrana celular. Este blanqueamiento puede ser atribuido a reacciones oxidativas, ya sean o no de naturaleza enzimática, que involucran compuestos fenólicos o enzimas polifenoloxidasas.

Cuando el contenido de agua del grano es del 13% b.h. y la humedad relativa del aire superior a 74% hay desarrollo de mohos inocuos del tipo de *Aspergillus niger*, *A. ochraceus* y *Rhizopus* sp. Si la humedad del grano es del orden del 18% b.h. y la humedad relativa del aire superior al 85% hay multiplicación de levaduras y bacterias. De lo anterior se comprende la importancia de que el grano tenga intacto su pergamino; ya que éste permite una buena protección de la almendra contra insectos y microorganismos, al tiempo que constituye una barrera para los cambios de humedad.

El defecto más importante, ocasionado por hongos durante el almacenamiento del café, es el **grano cardenillo** y se debe a un almacenamiento húmedo del producto o a prolongadas interrupciones durante el secado. El hongo destruye el grano por las partes más blandas y produce un polvillo amarillo o amarillo rojizo característico.

Otro defecto común, debido a almacenamiento en condiciones inapropiadas, es el del **grano picado por insectos**, especialmente por gorgojo *Araecerus fasciculatus* (Degeer). Este insecto oviposita en las cerezas maduras y utiliza la pasilla de finca, alimentándose de la almendra, destruyendo todo el grano y dejando como residuo un polvillo amarillento. Cuando el café es almacenado con contenidos de humedad inferiores al 13% el ataque del gorgojo se controla grandemente.

#### - El proceso de trilla y la calidad

En Colombia el café es trillado inmediatamente antes de su embarque para exportación. El proceso de trilla consiste, esencialmente, en la remoción de la **materia extraña** (palos, cabuyas, piedras, clavos, cáscaras, etc) y en la trilla propiamente dicha (separación del pergamino y la película plateada), en la clasificación por tamaño y densidad, en la separación manual y/o electrónica de granos defectuosos y finalmente en el ensacado.

En esta condición el café está listo para ser transportado hacia los sitios de consumo y posteriormente mezclado y/o torrefactado.

Durante el proceso de trilla se generan una serie de defectos debidos principalmente al mal ajuste y deficiente mantenimiento de las máquinas trilladoras y clasificadoras.

El **grano partido** proviene de la rotura de la almendra en la máquina trilladora, el **grano astillado y partido** se origina a partir de granos cristalizados o sobresecados y el **grano aplastado** es el producto de la trilla de cafés húmedos (flojos).

De acuerdo a las normas de comercialización interna (26) el grano monstruo no es un defecto mientras sus dos partes constitutivas, **la concha y el macho**, se encuentren unidas; no obstante, durante el proceso de trilla, frecuentemente, éstas se desagregan generando los defectos antes mencionados.

Una mala operación de la trilladora también puede originar el **grano blanqueado o decolorado**, como una consecuencia de la elevación de la temperatura por la alta fricción a la cual es sometido el grano. Es recomendable que las partes de la máquina trilladora, que entran en contacto directo con el grano, sean construídas en bronce fosforado ya que éste aumenta la apariencia azul-verde de los granos.

Casi todos los granos defectuosos generados durante el proceso de trilla, afectan el aspecto, el rendimiento de la torrefacción y con mucha frecuencia el sabor en la taza. Normalmente terminan haciendo parte del ripio, en el proceso de clasificación para la producción del excelso.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. FEDERACAFE. BOGOTA. COLOMBIA. DIVISION DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS. Boletín de Información Estadística sobre café (Colombia). Nro. 50.
2. CASTILLO Z., J.; MORENO R., G. La Variedad Colombia. Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Chinchiná (Colombia), Centro Nacional de Investigaciones de Cafe, 1987. 169 p. Ilust.
3. WILBAUX, R. El benefició del café. Roma (ITALIA), FAO.(Boletín no oficial de Trabajo Nro. 20).
4. CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M.N.; Willson, K.C. (eds.). Coffee; botany, biochemistry and production of beans and beverage. Westport (Estados Unidos), The AVI Publishing Company Inc., 1985. p. 13-47.
5. SMITH A., W. Introduction. In: CLARKE, R.J.; Macrae, R. (eds.) Coffe; Chemistry. Londres (Inglaterra), Elsevier Applied Science, 1985. V.1. p. 1-41.
6. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Manual del Cafetero Colombiano, 4a. ed. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1979. 209 p.
7. VALENCIA A., G.; CARRILLO P., F. Interpretación de análisis de suelos para café. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) Nro. 115. 1983. 5 p.
8. WILLSON, C. Mineral nutrition and fertiliser needs. In: CLIDFFORD, M.N.; Willson, K.C. (eds.) Coffee; Botany, biochemistry and production of beans and beverage. Westport (Estados Unidos), The AVI Publishing Company Inc., 1985. p. 135-156.
9. CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do cafe. Informe Agropecuario (Brasil) 11(126):79-92. 1985.
10. CLARKE, R.J. Water and mineral contents. In: CLARKE, R.J.; Macrae, R. (eds.). Coffee; Chemistry. Londres (Inglaterra), Elsevier Applied Science, 1985. V. 1. p. 42-82.
11. WILLSON, K.C. Cultural Methods. In: CLIDFFORD, M.N.; Willson, K.C. (eds.). Coffee, Botany, biochemistry and production of beans and beverage. Westport (Estados Unidos), The AVI Publishing Company Inc., 1985. p. 157-207.
12. MITCHELL, H.W. Cultivation and harvesting of the arabica coffee tree. In: CLARKE, R.J.; Macrae, R. (eds.). Coffee; Agronomy. Londres (Inglaterra), Elsevier Applied Science, 1985. V. 4. p. 43-90.
13. CANNEL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In: CLIDFFORD, M.N.; Willson, K.C. (eds.). Coffee,

- Botany, biochemistry and production of beans and beverage. Westport (Estados Unidos). The AVI Publishing Company Inc., 1985. p. 108-134.
14. SONDAHL, R.M.; TEXEIRA A.; FAZUOLI C., L.; MONACO C., L. Efeito do etileno sobre o tipo e qualidades da bebida de café. Reuniao da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciencia. 25. Rio de Janeiro (Brasil), Julho de 1973.
  15. ZULUAGA V., J. Contribution a l'etude de la composition chimique de la pulpe de café (*Coffea arabica* L.). Neuchatel (Suiza), Universite de Neuchatel. 1981. 93 p. (These Doctorat'es Sciences).
  16. BRESSANI, R. Subproductos del fruto del café. In: BRAHAM, J.E.; Bressani, R. (eds.). Pulpa de café: Composición, tecnología y utilización. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP-CIID, 1978. p. 9-17.
  17. BAREL, M.; CHALLOT, F.; VINCENTE, J.C. Contribution á l'étude de fèves de café defectueuses. Café, Cacao, Thé (Francia). 20(2):129-134. 1976.
  18. CHALLOT, F. Recherches sur l'origine des feves puantes chez *Coffea arabica*. Café, Cacao, Thé (Francia). 29(3):201-208. 1976.
  19. GUYOT, B.; CROS, E.; VINCENT, J.C. Caractérisation et identification des composés de la fraction volatile d'un café vert arabica sain et d'un café vert arabica puant. Café, Cacao, Thé (Francia). 26(4):279-288. 1982.
  20. ZULUAGA V., J.; COOKMAN, G.P. Un sistema de filtro anaeróbico de flujo ascendente (UAF) para la biodigestión de aguas residuales del beneficio del café. In: SIMPOSIO Internacional sobre la utilización integral de los subproductos del café, 3. Guatemala, febrero 16-18 de 1987. Guatemala, ICAITI-ANACAFE, 1987. p. 122-128.
  21. MCLOY, J.F. Mechanical drying of arabica coffee. Kenya Coffee (Kenia) 24(280):117-133. 1959.
  22. GIBSON, A. Phototechnical aspects of drying last african arabica coffees. In: COLLOQUE Scientifique International sur le café, 5. Lisbonné (Portugal) 14-19 Juin 1971. París (Francia), ASIC, 1971. p. 246-258.
  23. ARCILA P., J. Influencia de la temperatura de secado en la germinación de las semillas de café. Cenicafé (Colombia). 27(2):89-91. 1976.
  24. BACCHI, O. O branqueamento dos graos de café. Bragantia (Brasil) 21(28):467-484. 1962.
  25. AMORIN, H.V. Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grao de café verde relacionados com a deterioracao de qualidades. Piraciaba (Brasil). ESALQ. 1978. 85 p. (Tese M.S.).
  26. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. FEDERACAFE. BOGOTA. COLOMBIA. Normas de Calidades. Bogotá. Federacafé. 1989. 21 P. (Año Cafetero de la calidad 88/89).