

# CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN DEL FRUTO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L. var. Colombia)<sup>1</sup>

Sandra M. Marín-López\*; Jaime Arcila-Pulgarín\*\*; Esther C. Montoya-Restrepo\*\*\*; Carlos E. Oliveros-Tascón\*\*\*\*

---

## RESUMEN

MARÍN L., S.M.; ARCILA P., J.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). *Cenicafé* 54(3):208-225. 2003

En frutos de café de la variedad Colombia (*Coffea arabica* L.) de color rojo y en diferentes estados de maduración, desde los 182 hasta los 231 días después de la floración, se evaluaron las propiedades físicas y químicas: color, diámetro característico, fuerza de remoción a tracción, firmeza ecuatorial, firmeza polar, peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, relación peso fresco/peso seco, acidez titulable, sólidos solubles y pH de la pulpa. Las propiedades físicas más relacionadas con los cambios en la maduración del fruto de café fueron la fuerza de remoción, la firmeza ecuatorial y la firmeza polar, que disminuyeron conforme las cerezas maduraban hasta encontrarse secas en la planta. La característica química, sólidos solubles, determinó diferencias entre estados, mostrando incremento en la medida que transcurrían los días después de la floración y presentó el máximo valor de grados Brix en los frutos sobremaduros. La calidad en taza mejor calificada se obtuvo de frutos pintones, maduros y sobremaduros (210 a 224 días después de floración), mientras que con frutos verdes (182 a 203 días) y frutos secos (231 días) fue de baja calificación. Se elaboró una escala de maduración para el café variedad Colombia en la cual se relaciona el desarrollo de los frutos con propiedades físicas, químicas y la calidad de la bebida.

**Palabras claves:** *Coffea arabica* L. cv Colombia, frutos, propiedades físicas, propiedades químicas, escala de maduración.

---

## ABSTRACT

The physical and chemical properties of coffee fruits of the *Coffea arabica* L. Colombia variety in red color and different ripening states were evaluated at weekly intervals from 182 to 231 days after flowering (daf). The physical variables considered, color, characteristic diameter, removal force, equatorial and polar firmness, fresh and dry weight, humidity percentage, ratio fresh weight/dry weight, titrable acidity, total soluble solids and pH. The physical properties more associated with changes during fruit ripening were: removal force, equatorial and polar firmness, which diminished as ripening proceeded until they were dry in the plant. The chemical characteristic, soluble solids, determined differences among the ripening stages, showing an increase as days after flowering passed and it also showed that the highest Brix degrees value in over ripe fruits. Semi ripe, ripe and over ripe fruits (210-224 daf) gave the best cup quality. Unripe green (182-203 daf) and dry fruits (231 daf) gave poor grade cups. A scale for coffee fruit ripening cv Colombia, which relates physical, chemical and cup quality with fruit color was designed.

**Keywords:** *Coffea arabica* L. cv Colombia, fruit ripening, physical properties, chemical changes, maturity index, ripening scale.

---

<sup>1</sup> Adaptación de un fragmento de la tesis "Caracterización de los estados de maduración del fruto del café" presentada por el primer autor a la Universidad de Caldas, como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

\* Estudiante, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Agronomía. Universidad de Caldas. Manizales

\*\* Investigador Principal I. Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

\*\*\* Investigador Científico I. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

\*\*\*\* Investigador Principal I. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

La maduración organoléptica es el proceso por el cual los frutos alcanzan las características de color, textura, aroma, sabor, entre otros; que los definen como comestibles. Este proceso se inicia comúnmente durante las etapas finales de la maduración fisiológica del fruto y constituye el comienzo de la senescencia, proceso durante el cual tienen lugar una serie de transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas determinantes de la calidad y vida en postcosecha. Entre las alteraciones están: cambios en el color, composición de proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos, polifenoles; así como en la producción de aromas, incremento de la actividad respiratoria y producción de etileno (17, 18). Estos fenómenos, además de indicar cambios físicos y químicos a través del tiempo, definen características de palatabilidad y aceptación del producto por el consumidor (10), tanto para frutos que son consumidos directamente (sin transformación previa) como para frutos procesados, como en el caso del café.

Debido a que no existe un criterio cuantitativo que relacione el estado de maduración del fruto de café (cambios físico-químicos), con el rendimiento en trilla (kilogramos de café pergamino seco necesarios para obtener 70 kg de café almendra) y la calidad de la bebida, el momento de cosecha tradicionalmente ha sido determinado mediante la base empírica del color de la cereza, el cual incluye una mezcla de tonalidades entre verde, amarillo y rojo, dependiendo del cultivar o variedad (1); no obstante, la coloración verde o roja del exocarpo no es siempre por sí sola un signo de una adecuada maduración o inmadurez del fruto. Al cosechar cerezas de café en un estado de madurez temprano (tonalidades verde-amarillo), éstas pueden carecer de condiciones apropiadas para el consumo y de otra parte, realizar una cosecha prematura implicará pérdidas en peso y rendimiento debido a que los frutos son de menor tamaño (6). Los frutos recolectados tardíamente pueden estar sobremaduros

o secos, presentando, en el caso de los secos, dificultades en el beneficio al igual que disminución en sus características organolépticas, y mayor predisposición a acusar defectos tipo fermento y al ataque de insectos o microorganismos patógenos (14).

Basados en las anteriores consideraciones y teniendo en cuenta que los métodos actuales para la recolección del café no incluyen criterios cuantitativos sino solamente el cambio de color de los frutos a una tonalidad verde amarilla o rojiza, se llevó a cabo el presente trabajo buscando establecer la relación entre el grado de maduración del fruto y variables cuantitativas, tanto físicas como químicas, así como de calidad de la bebida. Con esta información se estableció una escala de maduración para el fruto del café variedad Colombia, de color rojo, con la cual se espera determinar los estados de maduración en los cuales puedan obtenerse los mejores rendimientos y calidad en taza.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La fase de campo se llevó a cabo en la Estación Central Naranjal en Chinchiná, localizada a latitud 4° 59'N, longitud 75° 39'O, altitud 1.400m, donde se presentan las siguientes condiciones medias: Temperatura 21,3°C, humedad relativa 78%, precipitación total anual de 2.634mm con 237 días de lluvia y brillo solar de 1.690h. (5). El lote donde se llevaron a cabo los registros estuvo compuesto por 7.500 plantas de café de la variedad Colombia-cereza roja, sembradas a libre exposición, en noviembre 3 de 1999, a una distancia de 1,00 m x 1,00m. Hasta el término de la recolección tuvo un adecuado manejo agronómico (control de arvenses, fertilización y manejo de broca). El proceso de caracterización de los frutos y beneficio se llevó a cabo en el Beneficiadero Experimental de Cenicafé en Chinchiná; la evaluación de las características químicas del fruto se realizó en el Laboratorio de Biodigestión

Cenicafé-Granja y la evaluación de la calidad de la bebida fue realizado por en el panel de catación de Cenicafé.

**Metodología.** De la población conformada por las 7.500 plantas, se tomó el 13,3% de ellas y se les hizo un seguimiento del proceso de maduración del fruto, para lo cual se realizaron muestreos semanales a partir de la semana 26 después de la floración (182 días) y hasta la semana 33 (231 días), momento en el cual se recolectaron frutos secos. Se evaluaron solamente los frutos correspondientes a la floración de marzo 21 de 2002 que fue la más importante de ese año. En cada muestreo se seleccionaron aleatoriamente y sin reemplazo 100 plantas; de cada árbol, se recolectaron todos los frutos en las ramas localizadas desde la cruz número 8, hasta la cruz número 20. Por selección visual se escogieron los frutos que compartían características de coloración en un 50% ó más y a cada muestra se le realizó en su momento la evaluación de las características físicas y químicas asociadas al proceso de maduración. Se estableció una escala cuantitativa y cualitativa en la que se relacionaron las diferentes variables con cada estado de maduración, con el siguiente procedimiento, para la toma de información:

**Definición del estado de maduración.** Para cada fecha de muestreo, a los frutos recolectados que compartían las mismas características de coloración en un 50% ó más se les hizo una descripción más detallada del color, con base en la escala Pantone (Process Color Guide) (12). El modelo de color en la carta de color Pantone es el CMY, donde los colores cian (C), magenta (M) y amarillo (Y), son los colores secundarios de la luz o los colores primarios de los pigmentos. Los tres componentes representan filtros de reflexión de la luz. Si un objeto está recubierto con un pigmento cian no refleja luz roja, con magenta no refleja la luz verde, y si está recubierto por un pigmento amarillo, no refleja la luz azul. Existe también

el espacio CMYK donde la componente K define la cantidad de tinta negra. Esta guía de color presenta 3.000 arreglos cromáticos CMYK, con sus respectivos porcentajes.

Cada estado de maduración del fruto fue comparado con la Tabla de coloración Pantone, y calificado por ejemplo, de la siguiente forma: estado verde 1, 35% de cian, 0% de magenta, 100% de amarillo y 40% de negro. Esta carta de coloración presentó mayor gama de colores y se adaptó mejor para los frutos de café, mientras que la Tabla de color Munsell para tejidos vegetales carece de calificaciones para tejidos con coloraciones púrpuras y negras, características del fruto de café.

**Características físicas.** A una muestra de 100 frutos se le tomaron, por fruto, las siguientes mediciones: diámetro característico (diámetro ecuatorial 1, diámetro ecuatorial 2 y diámetro polar), utilizando un calibrador digital con resolución de 0,01mm; firmeza ecuatorial y polar, utilizando un penetrómetro con un punzón de 3mm; fuerza de tracción pura, medida por un sensor digital con resolución de 0,1(Newtons).

**Características de peso.** Cada muestra de 100 frutos se dividió en 5 grupos de 20 frutos cada uno, y se realizaron las siguientes mediciones: peso fresco de los frutos, peso seco, porcentaje de humedad y la relación peso fresco/peso seco. El secado del café cereza se realizó en estufa de convección forzada a 105°C, hasta que las muestras presentaron un peso constante. El porcentaje de humedad se determinó con base en la diferencia del peso fresco y el peso seco de la muestra.

**Características químicas.** La cantidad restante de café cereza (6,8 kg aproximadamente), fue beneficiada utilizando una despulpadora Gaviota 300, un desmucilaginizador (Deslim 300) y se secó al sol, hasta alcanzar un contenido de humedad cercano al 11%.

La pulpa fresca obtenida del beneficio se dividió en cuatro partes iguales y en cada una se hicieron las siguientes mediciones: contenidos de clorofila (8), antocianinas (7) y carotenoides (16), determinados por medidas en espectrofotómetro; sólidos solubles, medidos en refractómetro (4); acidez titulable (3) y pH determinados mediante el potenciómetro (3).

**Proceso de respiración.** Una vez determinados los estados de maduración, se realizó una observación adicional para evaluar la tasa respiratoria del fruto a partir del estado verde amarillo hasta el estado sobremaduro. Los muestreos se llevaron a cabo en el lote La Vitrina, situado en la Granja de Cenicafé, compuesto por 1.400 plantas de var. Colombia-Cereza roja de 3 años de edad, sembrado a libre exposición. Las evaluaciones de respiración postcosecha se efectuaron en los laboratorios de Normalización del Programa Etia y de la Disciplina de Fisiología en Cenicafé-Planalto. De las 1.400 plantas se tomó el 7,14%, y se recolectaron los frutos de 4 estados de maduración (verde amarillo, pintón, maduro y sobremaduro), en plantas seleccionadas aleatoriamente. De cada planta se recogieron 10 frutos para hacer la medición de la firmeza y valoración por color. Una vez se encontró que estas medidas y criterios correspondieron a los determinados en la escala de maduración, se recolectaron 900 gramos de cerezas, 300 gramos por cámara, los cuales se pesaron en campo y se introdujeron inmediatamente en las cámaras para evaluar la respiración a una temperatura constante de 25°C. Las cámaras eran frascos de vidrio, cerrados con tapones, los cuales tenían orificios para la toma de la muestra; los tapones se forraron con parafilm 30 minutos antes de cada lectura, para evitar la salida de aire. La toma de muestras de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> se realizó directamente en el medidor de gases en espacio de cabeza (Mocon Pac Check). Posteriormente se retiró el papel parafilm para que la masa de frutos continuara con su proceso de

respiración. Los muestreos se realizaron cada 6 horas en el día y 12 horas en la noche, hasta que los frutos presentaron algún ataque debido a microorganismos que alteraran la respuesta de la respiración.

**Análisis sensorial.** Panel de catación. A las muestras de café en almendra provenientes de cada estado de madurez se les realizó la prueba de calidad de la bebida considerando: la intensidad del aroma del café molido, aroma, acidez, amargo, cuerpo e impresión global. La evaluación de la calidad en taza de las muestras de café se realizó en el panel de catación de Cenicafé. Se realizaron 22 evaluaciones sensoriales para cada muestra de café, siguiendo las técnicas empleadas en Cenicafé para este tipo de análisis. Cada taza se preparó utilizando 11 gramos de café molido en 150mL de agua destilada a 87°C. Se utilizó tostación media, 13% a 14% de pérdida de peso y molienda del café tostado de 500mm de tamaño de partícula. Se usó el método descriptivo cuantitativo propuesto por Puerta (13), para el análisis sensorial de las muestras de café utilizando una escala de 9 puntos para la calificación de cada característica organoléptica, la cual se interpreta así: Calificaciones 9, 8 y 7 para cualidades equilibradas, deseables, tomando 9 como la mejor calificación; 6, 5 y 4 cualidades intermedias, califica desviaciones, 4 apenas tolerable; 3, 2 y 1 cualidades indeseables, califica defectos, y finalmente 1 como la peor calificación.

#### **Análisis estadístico.**

- Se hizo análisis descriptivo para cada una de las características evaluadas.
- Para cada una de las características físicas, químicas y de calidad evaluadas se estimó el intervalo de confianza para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%.
- Se estimaron los coeficientes de regresión lineal, para las variables firmeza ecuatorial, fir-

meza polar y sólidos solubles, de acuerdo con los días transcurridos después de la floración.

- Se estimaron los coeficientes de regresión para un modelo cuadrático, para las variables diámetro característico, fuerza de remoción y pH, de acuerdo con los días transcurridos después de la floración.

- La prueba de Duncan permitió comparar los promedios de los estados de maduración en las siguientes variables: peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, relación peso fresco/peso seco, clorofilas, antocianinas, carotenoides, acidez titulable, respiración.

- Para las variables mencionadas en el anterior numeral se compararon los promedios del estado seco (senescente) con los demás estados de maduración, mediante la prueba de comparación Dunnett.

**Escala de maduración.** Con los resultados obtenidos se estableció una escala cuantitativa y cualitativa en la que se relacionaron diferentes características físicas y químicas del fruto y la calidad de la bebida, asociadas a los 8 estados de maduración del fruto de café definidos en este estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Determinación de los estados de maduración del fruto.** En la Figura 1 se observan los estados de maduración del fruto del café, según la edad (días después de la floración, ddf) y característica de la coloración para más del 50% de las cerezas. Se identificaron 8 estados que van desde el estado verde inmaduro (182ddf), hasta el rojo maduro (217ddf) y el estado seco (231ddf). Cada estado de maduración del fruto fue comparado con la Tabla de coloración Pantone (12).

La Tabla de color Munsell para tejidos vegetales carece de calificaciones para tejidos

de coloraciones púrpuras y negras, características del fruto de café. Mientras que la carta de coloración Pantone presenta mayor gama de colores y se adaptó mejor para los frutos de café. Los estados pintón, maduro, sobremaduro y seco presentan doble calificación debido a que la coloración no es uniforme.

### Variables Físicas

**Diámetro característico.** La expresión que describe el comportamiento del diámetro característico del fruto del café en función de los días después de la floración (ddf), es de tipo cuadrático (Figura 2), donde los estados iniciales presentan un menor tamaño hasta llegar a los estados maduro (217 ddf) y sobremaduro (224 ddf), que presentaron el mayor valor de diámetro característico. A partir de este punto disminuyen las dimensiones de los frutos. En general, se observó que a medida que aumentan los días después de la floración hasta los 217 días, aumenta el valor del diámetro característico, tendencia similar a la observada por Alvarez *et al.* (2).

**Fuerza de tracción.** La fuerza de tracción necesaria para desprender las cerezas de café varía conforme éstas maduran y llegan a senescencia. La fuerza requerida para desprender los frutos comienza a decrecer a partir de los 210 días, de tal manera que el estado seco (231ddf), tiene el menor valor de fuerza de remoción, el cual oscila entre los 0,76 y 1,03 Newtons (N). En la Figura 3, se observa el comportamiento de la fuerza de remoción en función de los días después de la floración y la expresión que lo describe.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Sampaio *et al.* (15), quienes realizaron pruebas de fuerza de desprendimiento de frutos en 5 variedades de café, observando en todas, que los frutos verdes necesitaban mayor fuerza para ser desprendidos, seguidos por los frutos verde-rojizos y los rojos o

**Figura 1.** Cambios de color del fruto de café a través del tiempo evaluados mediante la Tabla de Color Pantone: Verde 1 (182 ddf), verde 2 (189 ddf), verde 3 (196 ddf), verde amarillo (203 ddf), pintón (210 ddf), maduro (217 ddf), sobremaduro (224 ddf), seco (231 ddf).

Estado	Edad del Fruto (ddf)	%Escala de color Pantone®				Escala de color visual
		Cian (C)	Magenta (M)	Amarillo (Y)	Marrn (R)	
 Verde 1	182	35	0	100	40	Color verde oscuro
 Verde 2	186	35	0	100	20	Color verde oscuro
 Verde 3	189	40	20	100	15	Coloración verde oscura brillante
 Verde amarillo	203	20	0	100	40	Coloración verde con tonos amarillos
 Pintón	210	20 10	0 75	100 80	40 0	Coloración predominantemente morada. Alguna tonalidad de verde cerca al pedúnculo
 Maduro	217	0 10	100 80	90 70	10 15	Color rojo brillante a rojo opaco
 Sobremaduro	224	10 0	100 35	50 0	30 100	Color morado brillante a morado oscuro opaco
 Seco	231	0 0	0 0	35 25	100 80	Color café oscuro. La corteza se encuentra arrugada, hasta frutos completamente secos (pulpa adherida a la almendra)

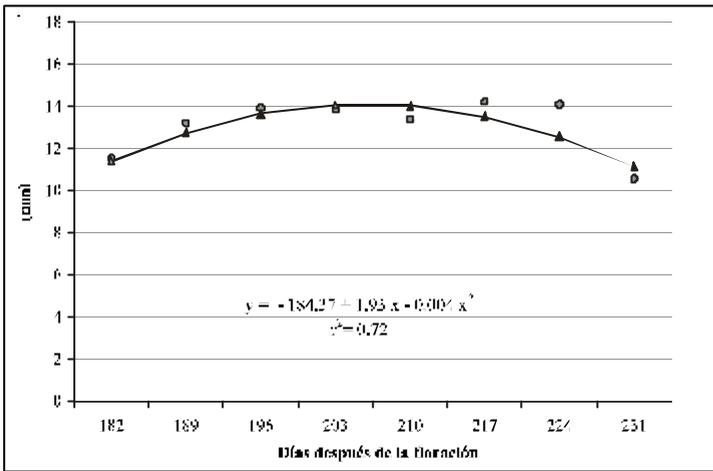
®Pantone Process Color Guide (12)

maduros; de igual forma Alvarez *et al.* (2), reportan valores promedios de fuerza de remoción de 13, 12 y 8N, para las cerezas de variedad Colombia en estado verde, pintón y maduro, respectivamente.

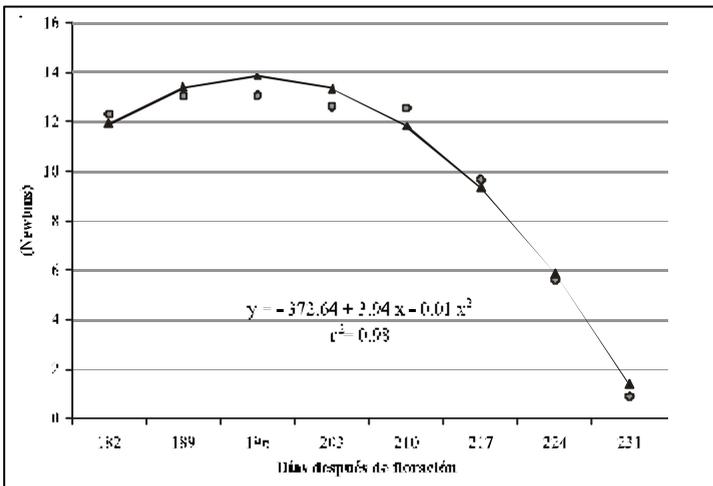
**Firmeza polar y firmeza ecuatorial.** Los resultados obtenidos de firmeza polar y ecuatorial, muestran una disminución en los valores con-

forme el fruto avanza en su proceso de maduración. El modelo de tipo lineal negativo fue el que mostró mejor ajuste de los valores de firmeza y tiempo después de floración, en ambos planos.

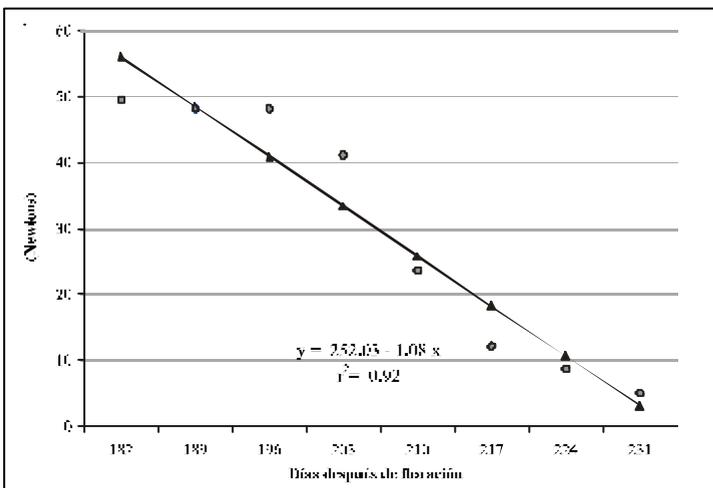
Para el caso de la firmeza polar, por cada día que pase después de la floración, esta variable disminuye en 1,08N, y la firmeza ecuatorial en



**Figura 2.**  
Comportamiento del diámetro característico (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).

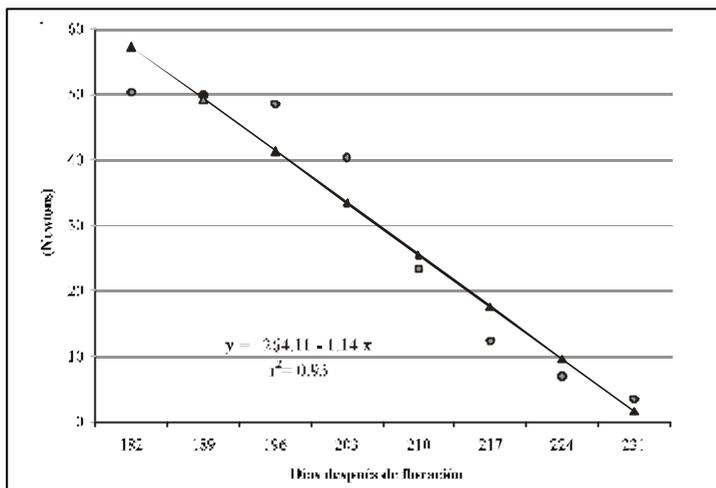


**Figura 3.**  
Comportamiento de la fuerza de tracción (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).



**Figura 4.**  
Comportamiento de la firmeza polar (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).

**Figura 5.**  
Comportamiento de la firmeza ecuatorial (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).



1,14N, de tal manera que la tasa diaria de reducción en la firmeza polar y ecuatorial es igual estadísticamente, según la prueba de t al 5%. Oliveros *et al.* (11), en evaluaciones de cerezas pintonas y maduras, encontraron un comportamiento similar de la firmeza del fruto del café.

**Peso fresco y peso seco.** Los estados de maduración verde 1 y verde 2, presentaron el menor valor de peso fresco en los frutos de café. Además, se observaron valores estadísticos iguales para los estados verde 3 y pintón, mientras que los frutos verde amarillos pre-

sentaron una diferencia significativa de 0,13 gramos menos que los dos estados antes mencionados. En los frutos maduros se registró un promedio de 1,99 gramos, seguido por los frutos sobremaduros, que presentaron diferencias significativas de mayor valor, respecto a los demás estados de maduración (Tabla 1). Al determinar el peso seco de los frutos, el mínimo valor se presentó en los estados verde 1, verde 2 y verde amarillo, con valores estadísticamente iguales (0,45 a 0,50 gramos). Los estados verde 3, verde amarillo y pintón fueron similares estadísticamente, con medias que oscilaron entre 0,50 y 0,53 gramos. Los

**Tabla 1.** Peso fresco y peso seco del fruto de café en diferentes estados de maduración.

ESTADO	DDF	Peso Fresco (g)		Peso Seco (g)	
		Promedio	C.V	Promedio	C.V
Verde 1	182	1,33 e*	1,86	0,45 c	5,60
Verde 2	189	1,33 e	4,18	0,45 c	5,86
Verde 3	196	1,74 c	3,61	0,53 b	5,52
Verde amarillo	203	1,62 d	4,54	0,50 bc	5,28
Pintón	210	1,75 c	3,51	0,52 b	8,77
Maduro	217	1,99 a	4,21	0,60 a	4,22
Sobremaduro	224	1,88 b	4,04	0,63 a	6,58
Seco	231	0,66	27,68	0,45	5,27

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

estados maduro y sobremaduro (desde los 217 hasta 224ddf) mostraron los mayores valores, siendo estos estadísticamente iguales.

El estado seco (231 ddf), presentó el menor valor de peso fresco, con respecto a los demás estados de maduración, según prueba de Dunnett al 5%. En la variable peso seco, este estado, presentó un valor diferente estadísticamente a los estados verde 3, maduro y sobremaduro.

Los cambios en peso fresco y peso seco observados en el proceso de maduración del café, coinciden con lo observado por Salazar (14) y Puerta (13), quienes afirman que el peso del fruto varía a través del desarrollo de éste, alcanzando un valor promedio entre 1,7 y 2,0 gramos cuando el fruto se encuentra completamente maduro (coloración rojiza en el exocarpio), y en las etapas postmaduración se inicia un proceso de senescencia del tejido, en el cual ocurre pérdida del contenido celular, oscurecimiento de los tejidos por oxidación, deformación por pérdida de turgencia, y pudriciones por hongos y bacterias, entre otros (20).

La pérdida de peso de una cereza también se puede considerar bajo otra perspectiva, teniendo en cuenta que el caficultor debe beneficiar y secar el café para tenerlo en la humedad exigida en la comercialización (10 al

12%). Si la calidad en taza se conserva, la disminución en peso en la etapa de postmaduración (frutos sobremaduros) sería ventajosa para el productor de café por: a) permitir mayor peso de café para la venta (pergamino seco) por kilogramo recolectado, lo cual implicaría una disminución en los costos de la recolección (más café para la venta por kilogramo de café recolectado) y b) disminución en el gasto de energía durante el secado (por la menor cantidad de agua a retirar), lo cual se reflejaría en la disminución en el tiempo de secado.

**Porcentaje de humedad.** En la Tabla 2, se presentan los valores de porcentaje de humedad de frutos de café en todos los estados maduración. Estadísticamente los valores de porcentaje de humedad de los frutos en los estados verde 1, verde 2 y sobremaduros, no presentaron diferencias oscilando entre el 66,36% y el 66,59%. Los frutos desde los 196 hasta los 217 días después de la floración mostraron los mayores porcentajes de humedad.

Los frutos en estado seco (231ddf) presentaron el menor valor de porcentaje de humedad (29,90%), con respecto a los demás estados, según la prueba de Dunnett al 5%. En los demás estados el comportamiento fue similar al reportado por Salazar (14), quien

**Tabla 2.** Porcentaje de humedad de los frutos de café en diferentes estados de maduración.

ESTADO	DDF	Porcentaje de Humedad	
		Promedio	C.V
Verde 1	182	66,43 b*	2,08
Verde 2	189	66,36 b	2,80
Verde 3	196	69,40 a	1,17
Verde amarillo	203	69,35 a	0,46
Pintón	210	70,59 a	6,54
Maduro	217	69,70 a	1,52
Sobremaduro	224	66,59 b	3,22
Seco	231	29,90	30,91

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

observó que con una edad promedio de 195 días, los frutos de café, var. Colombia, presentan un contenido de humedad del 68,2% y permanece constante durante la maduración.

**Relación peso fresco: peso seco.** En términos generales, la relación del peso fresco y el peso seco estuvo entre 2,98 y 3,47 (Tabla 3). Los estados verdes (1, 2 y 3), verde amarillo y sobremaduro, presentaron el mínimo valor de la relación y fueron estadísticamente iguales. Los estados verde 3, verde amarillo, pintón y maduro, mostraron los mayores valores de la relación peso fresco/peso seco, similares estadísticamente. En los frutos a los 231ddf (estado seco), esta variable mostró que este estado es estadísticamente diferente a los demás estados de maduración, según la prueba Dunnett al 5%.

La relación entre el peso fresco y el peso seco es denominada según Salazar (14), como la concentración de materia seca del fruto, con la cual se puede determinar que, desde los 196 hasta los 217 días después de la floración, se presenta la mayor concentración de materia seca, lo que coincide con el punto de madurez fisiológico del fruto y la semilla del café (6,9).

Según estudios realizados por Puerta (13), los frutos recolectados en estados inmaduros, estados verde 3 y verde amarillo (196 a 203 ddf), aunque presentan un peso fresco y un peso seco similar a los estados pintón y maduro, y aunque el peso de la masa recolectada no se vea afectado en gran medida, la bebida preparada con más del 2,5% de granos provenientes de este tipo de cerezas es rechazada por defectos.

### Variables químicas

**Pigmentos (clorofilas, carotenoides y antocianinas).** En la Tabla 4, se observa que los valores de clorofila a, clorofila b y clorofilas totales, registrados desde los 182 hasta los 203 días después de floración, no mostraron diferencias estadísticas presentando valores medios para las clorofilas totales, entre 7,96 y 16,74  $\mu\text{gg}^{-1}$  de peso fresco. Para las cerezas de café entre los 210 y los 231ddf, no se reportaron valores para las clorofilas debido a que en estos estados la pulpa de los frutos no presentó coloración verde, que indicara la presencia de este pigmento.

El contenido de carotenoides fue bajo con respecto los demás pigmentos. Ninguno de los

**Tabla 3.** Relación peso fresco/peso seco, de los frutos de café para diferentes estados de maduración.

ESTADO	DDF	Relación Peso Fresco/ Peso Seco	
		Promedio	C.V
Verde 1	182	2,98 b*	4,23
Verde 2	189	2,98 b	5,44
Verde 3	196	3,27 ab	2,69
Verde amarillo	203	3,26 ab	1,05
Pintón	210	3,47 a	16,14
Maduro	217	3,30 a	3,52
Sobremaduro	224	3,00 b	6,62
Seco	231	1,45	13,31

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

estados evaluados presentó diferencias estadísticas, con valores entre 3,12 y 3,91  $\mu\text{g g}^{-1}$  de peso fresco, los cuales se pueden observar en la Tabla 5.

Con relación a las antocianinas, se observó un aumento notable de 47,15  $\mu\text{g g}^{-1}$  peso fresco, del estado maduro al estado sobremaduro (224ddf), el cual se constituye en el cambio más evidente de pigmentación en la cereza de café.

Zuluaga (19), reportó para café la presencia de una antocianina, denominada cianidina, la cual otorga a los frutos coloraciones rojizas a moradas, confirmando el cambio observado en los contenidos de antocianinas entre los estados pintón y sobremaduro.

**Acidez titulable.** Los resultados obtenidos, referentes a la acidez titulable de la pulpa de café se presentan en la Tabla 6. Comparando

**Tabla 4.** Contenido de clorofilas en los frutos de café en diferentes estados de maduración

ESTADO	DDF	Clorofila a ( $\mu\text{g g}^{-1}$ peso fresco)		Clorofila b		Clorofilas totales	
		Promedio	C.V	Promedio	C.V	Promedio	C.V
Verde 1	182	9,41 a*	6,70	6,61 a	4,99	16,02 a	5,93
Verde 2	189	7,58 a	3,14	5,41 a	6,09	12,99 a	4,08
Verde 3	196	10,80 a	4,72	5,94 a	5,55	16,74 a	4,72
Verde amarillo	203	5,04 a	8,54	2,93 a	5,13	7,96 a	6,65

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

**Tabla 5.** Contenido de carotenoides y antocianinas en los frutos de café en diferentes estados de maduración

ESTADO	DDF	Carotenoides		Antocianinas	
		( $\mu\text{g g}^{-1}$ peso fresco)			
		Promedio	C.V	Promedio	C.V
Pintón	210	3,91 a*	1,02	1,52 b	1,58
Maduro	217	2,22 a	59,90	8,26 b	11,03
Sobremaduro	224	3,12 a	6,08	47,15 a	41,53

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

**Tabla 6.** Acidez titulable de la pulpa de los frutos de café para diferentes estados de maduración.

ESTADO	DDF	Acidez Titulable (mL NaOH 0,1 N/ 100 g de muestra)	
		Promedio	C.V
Verde 1	182	9,4 c*	4,25
Verde 2	189	6,0 de	3,00
Verde 3	196	5,7 de	3,01
Verde amarillo	203	5,1 e	5,08
Pintón	210	6,7 d	1,41
Maduro	217	11,4 b	5,87
Sobremaduro	224	21,5 a	6,32
Seco	231	38,9	12,55

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

los diferentes estados de maduración, se observó que los estados verde 2, verde 3 y verde amarillo tuvieron el menor rango de acidez, oscilando entre 5,1 y 6,0mL de NaOH 0,1N/100 g de muestra; y a su vez, los estados verdes 2 y 3, fueron iguales al estado pintón. Los frutos sobremaduros, presentaron el mayor valor medio (21,5 mL NaOH 0,1N/100g muestra), seguido por los estados maduro y verde 1. La acidez registrada en los frutos secos fue diferente a los demás estados, según la prueba de comparación Dunnett al 5%.

Cuando se dejan sobremadurar o secar los frutos en la planta comienzan a los procesos catabólicos con la consecuente degradación de la membrana celular y la presencia de compuestos químicos derivados de los procesos fermentativos o del ataque de microorganismos, los cuales, también contribuyen al aumento de la acidez (20).

**Sólidos solubles totales.** En la Figura 6, se observa como a medida que avanza la maduración del fruto de café, aumenta el contenido de sólidos solubles totales (SST). De acuerdo con este comportamiento y en función de los

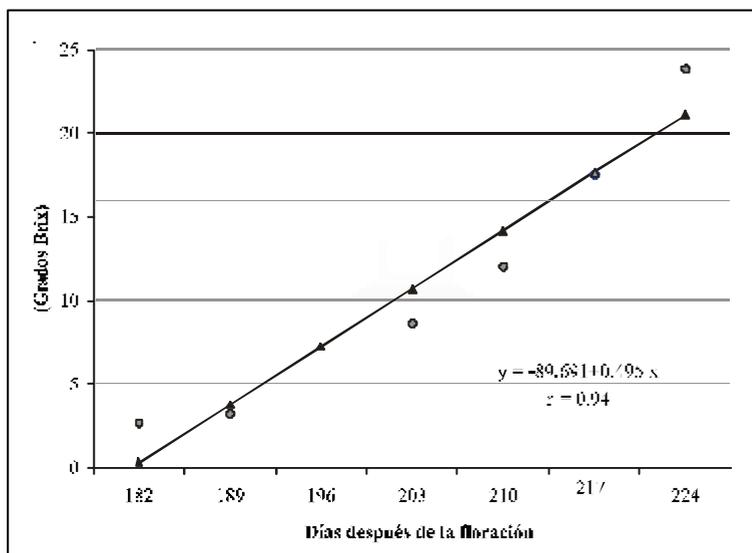
días después de la floración, la expresión que describe esta variable es de tipo lineal positiva. El mayor valor medio de los sólidos solubles se presentó en los frutos sobremaduros (224ddf).

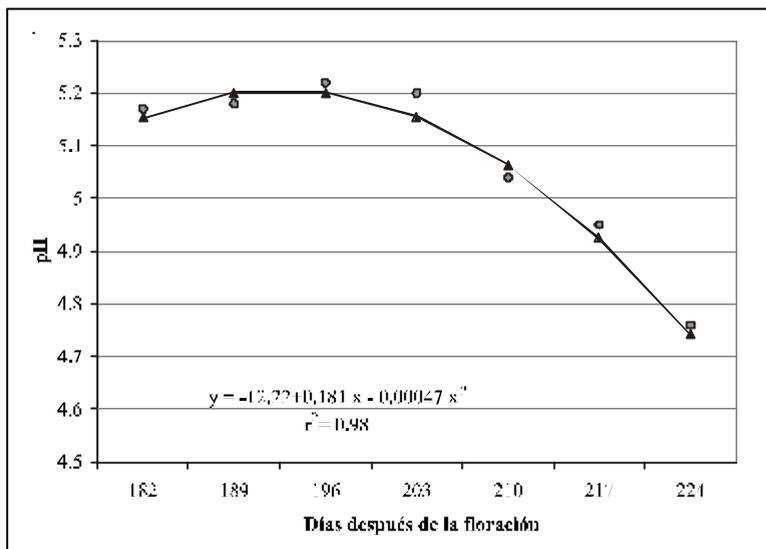
Para los 231ddf, los °brix fueron similares entre el estado seco y el estado maduro, pero mostraron diferencias entre los frutos secos y los demás estados.

El comportamiento de los SST, muestra que a medida que va madurando la cereza del café se incrementa el contenido de azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua, que se encuentran presentes en la pulpa (4). Es así como los mayores contenidos de SST están presentes en los frutos maduros y sobremaduros. Lo anterior evidencia una alta actividad metabólica dando paso a una acelerada degradación de los tejidos y a un aumento notable de la acidez.

**pH.** La expresión que describe el comportamiento del pH de la pulpa del café en función de los días después de la floración es del tipo cuadrático (Figura 7). Los estados inmaduros

**Figura 6.** Comportamiento de los sólidos solubles de la pulpa (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).





**Figura 7.** Comportamiento del pH de la pulpa (y), de acuerdo con los días transcurridos después de la floración (x).

(verdes 1,2,3 y amarillo) presentaron los mayores valores de pH (5,17 hasta 5,22). Desde los 203 hasta los 217 días después de la floración, la variable disminuyó en 0,28 unidades de pH. El menor valor se observó en las cerezas sobremaduras, a los 224ddf. Esta reducción del pH puede deberse al aumento de los sólidos solubles y a la fermentación de los azúcares que componen el mucílago, conforme los frutos maduran. Según la prueba de comparación de Dunnett, el valor del pH del estado seco (231ddf) es diferente de los demás estados de maduración.

Esta variable puede responder a cambios en la acidez y los sólidos solubles; y los cambios que se presentan en ésta, inciden en la respuesta de otras variables químicas, como son las clorofilas y las antocianinas (18).

**Respiración.** El potencial de vida de los frutos de café en los estados verde amarillo y pintón estuvo alrededor de las 60 horas (h), de almacenamiento a 25°C. Después de este tiempo se pudo observar la presencia de hongos que

incrementaron en forma indirecta la tasa respiratoria de la masa de frutos evaluada. Para los estados maduro y sobremaduro, la vida poscosecha fue menor (36h), debido a que estos frutos ya se encontraban en un punto óptimo de madurez y se aproximaban a la senescencia (Tabla 7).

La tasa inicial de respiración de los frutos (0 horas), fue estadísticamente igual entre los estados verde amarillo y pintón, con valores de 5,67 y 7,83 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; a su vez el estado pintón fue similar al maduro, y el maduro similar al sobremaduro, estos últimos, con tasas de respiración de 9,00 y 10,83 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente.

A las 12h de almacenamiento todos los estados presentaron el máximo valor de respiración, siendo éstos de 9,01mL de CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> para el verde amarillo, 9,64mL de CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> para el pintón, 11,75mL de CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> en el estado maduro, y 21,57mL de CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> en el estado sobremaduro. Pasadas 12 horas se observó una disminución notable en la tasa

de respiración donde los frutos verdes amarillos, pintones y maduros al final de su almacenamiento tuvieron valores de respiración menores a los observados una vez recolectados (0 horas), comportamiento diferente al presentado por el estado sobremaduro en el cual la tasa respiratoria a las 36 horas fue estadísticamente igual a la observada a las 0 horas.

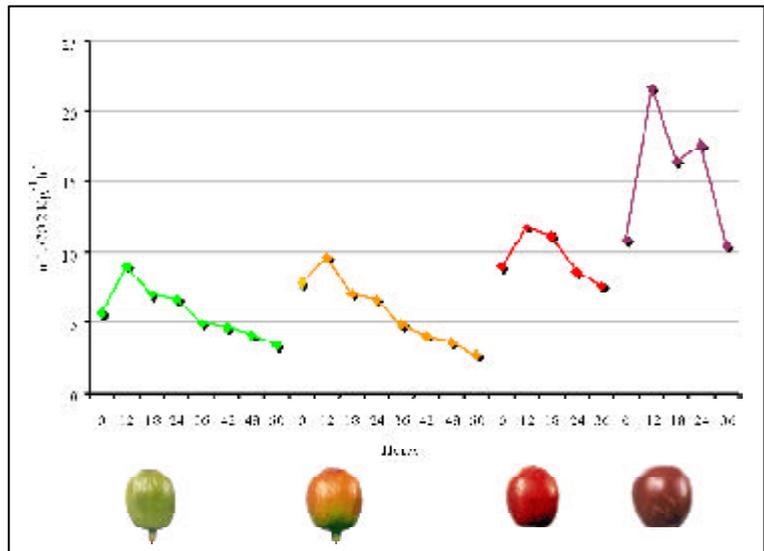
El comportamiento de la respiración de las cerezas de café en diferentes estados de maduración a través del tiempo, mostró en los frutos sobremaduros las mayores tasas de respiración, seguidos por los maduros y finalmente por los pintones y verde amarillos, que presentaron un comportamiento similar durante el tiempo de almacenamiento (Figura 8).

**Tabla 7.** Tasa de respiración del fruto del café en diferentes estados de maduración a 25 °C.

Tiempo (Horas)	Verde amarillo		Pintón		Maduro		Sobremaduro	
	Verde	C.V	Pintón	C.V	Maduro	C.V	Sobremaduro	C.V
0	5,67 c*	5,09	7,83 b	3,68	9,00 c	0,00	10,83 c	21,81
12	9,01 a	3,73	9,64 a	2,04	11,75 a	2,90	21,57 a	5,69
18	7,00 b	7,57	7,06 c	1,77	11,11 b	0,50	16,42 b	9,88
24	6,64 b	2,63	6,63 d	2,49	8,59 d	0,92	17,58 b	7,58
36	4,95 d	5,82	4,85 e	1,01	7,62 e	1,28	10,40 c	9,26
42	4,63 d	0,51	4,08 f	3,12	-	-	-	-
48	4,14 e	0,66	3,65 f	0,32	-	-	-	-
60	3,43 f	2,17	2,74 g	20,38	-	-	-	-

\* Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística según prueba de Duncan al 5%.

- No se presentan datos



**Figura 8.** Tasa de respiración del fruto de café en diferentes estados de maduración, a 25°C.

La respiración presentada por frutos de café muestra un comportamiento climatérico, observándose un pico en todos los estados a las 12h después de su recolección. Aunque al cosechar los frutos en estados verde amarillo o pintón, estos no mostraron cambios en el color de la pulpa, se pudo observar que en los frutos pintones la firmeza disminuyó, lo cual puede ser un indicativo del comienzo del proceso de maduración. Según Willset *et al.*(18), la respiración climatérica se inicia generalmente cuando los frutos alcanzan el máximo tamaño, razón por la cual los frutos en estado verde amarillo tuvieron una respuesta respiratoria, debido a que este tipo de frutos se encuentran básicamente en madurez fisiológica (máximo contenido de materia seca).

### Calidad de la bebida de café.

**Calidad en taza.** Según la escala de calificación propuesta por Puerta (13), la interpretación de la calidad sensorial muestra tazas con defectos marcados en los estados verde 1, verde 2, verde 3, verde amarillo y seco (Tabla 8).

La bebida obtenida de los frutos entre los 182 y los 203 días después de la floración tuvo

baja calificación en cada uno de los componentes del perfil de calidad sensorial, mostrando como defecto común el reposo, debido a la alta proporción de almendras con daños físicos ocasionados en el beneficio, acelerando su proceso de envejecimiento. Los frutos secos al igual que los verdes, dan como resultado tazas de baja calidad, con defectos marcados de metal y reposo lo cual es causa de demérito de la calidad de la bebida. En consecuencia, estos estados no deberían ser recolectados. Las cerezas óptimas para la recolección, según esta investigación, son las pintonas (210ddf), las maduras (217ddf) y las sobremaduras (224ddf), presentando las mejores calificaciones de intensidad del aroma del café molido, aroma de la bebida, acidez, amargo e impresión global (Figura 9).

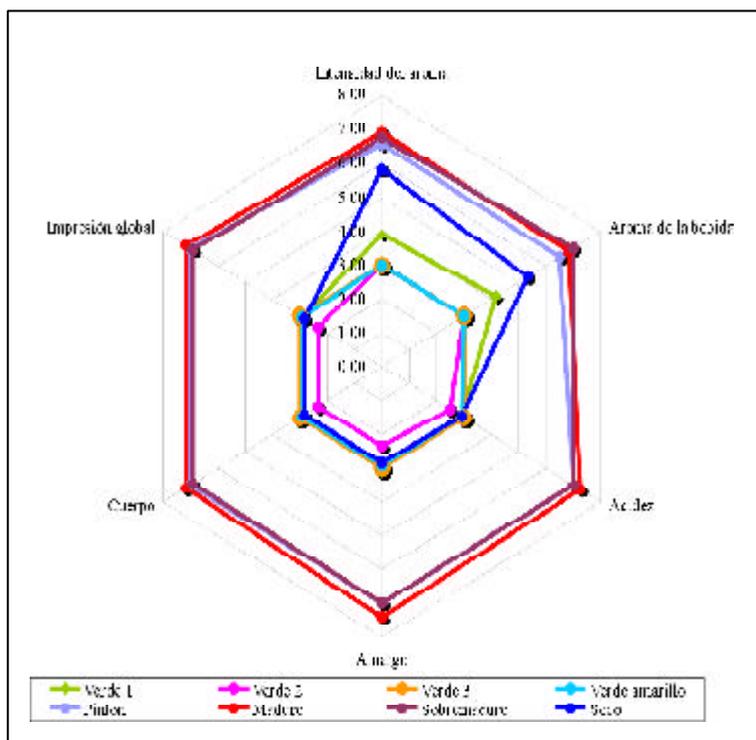
### Escala de maduración para el fruto del café

En la Figura 10 se presenta una escala con el resumen de las características asociadas a los diferentes estados de maduración del fruto.

Con base en las anteriores consideraciones se concluye que durante el proceso de maduración del fruto de café se producen cambios tanto físicos como químicos que permiten definir

**Tabla 8.** Calidad sensorial del café *C. arabica* var. Colombia, proveniente de almendras sanas, de cerezas de café en diferentes estados de maduración a través del tiempo.

ESTADO	DDF	Calidad sensorial
Verde 1	182	Defecto cereal, grasa, reposo
Verde 2	189	Defecto fenol y reposo
Verde 3	196	Defecto reposo
Verde amarillo	203	Defecto madera, reposo, sucio
Pintón	210	Buena calidad
Maduro	217	Buena calidad
Sobremaduro	224	Buena calidad
Seco	231	Defecto metálico, reposo



**Figura 9.**

Calidad del café *C. arabica* var. Colombia, proveniente de almendras sanas, de cerezas de café en diferentes estados de maduración a través del tiempo.

el estado de madurez adecuado para su recolección. Se destacan los siguientes:

- Cambios notables a través del tiempo en el color de la pulpa, debido al aumento de las antocianinas; aumento de los sólidos solubles, la acidez titulable y la respiración y disminución del pH; disminución de la rigidez estructural de la pulpa a compresión y disminución de la fuerza para desprender los frutos a tracción pura.

- Las variables que determinaron diferencias entre cada estado de maduración establecido, fueron la firmeza polar, la firmeza ecuatorial y los sólidos solubles totales, cada una de éstas o su combinación pueden ser utilizadas como índices de maduración y de cosecha.

- Entre los 210 y 224 días después de la floración (estados pintón, maduro y sobremaduro), se presentaron cambios notables en la firmeza polar, con rangos entre 23,63 y 8,78N, en la firmeza ecuatorial, con valores entre 23,32 y 6,93 N, y en los sólidos solubles con valores entre 12,03 y 23,83°brix. Estos cambios físico químicos permiten el beneficio adecuado de los frutos y obtener una mejor calidad del café pergamino seco.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo expresan sus agradecimientos al personal de la Estación Central Naranjal, a la Central de Beneficio de Cenicafé, a la Disciplina de Química Industrial, al grupo de Normalización de Cenicafé.

Figura 10. Escala de maduración para el fruto del café variedad Colombia. Características físicas y químicas del fruto. Calidad en taza.

Estado	Escala y Color del fruto	Propiedades físicas prometidas para el fruto		Peso y Humedad promedio de los frutos		Propiedades Químicas (Prometidas)		Calidad de bebida (prometido)	
		Umidad (g/100g materia seca)	Índice de refracción (n <sub>D</sub> )	g/100g materia seca	%	g/100g materia seca	g/100g materia seca	g/100g materia seca	g/100g materia seca
	Verde (100% Verde)	14.0	1.021	10.0	1.021	10.0	1.021	10.0	1.021
	Verde (90% Verde)	13.5	1.017	9.5	1.017	9.5	1.017	9.5	1.017
	Verde (80% Verde)	13.0	1.013	9.0	1.013	9.0	1.013	9.0	1.013
	Verde-Amarelo (80% Verde)	12.5	1.009	8.5	1.009	8.5	1.009	8.5	1.009
	Verde-Amarelo (70% Verde)	12.0	1.005	8.0	1.005	8.0	1.005	8.0	1.005
	Verde-Amarelo (60% Verde)	11.5	1.001	7.5	1.001	7.5	1.001	7.5	1.001
	Verde-Amarelo (50% Verde)	11.0	0.997	7.0	0.997	7.0	0.997	7.0	0.997
	Verde-Amarelo (40% Verde)	10.5	0.993	6.5	0.993	6.5	0.993	6.5	0.993
	Verde-Amarelo (30% Verde)	10.0	0.989	6.0	0.989	6.0	0.989	6.0	0.989
	Verde-Amarelo (20% Verde)	9.5	0.985	5.5	0.985	5.5	0.985	5.5	0.985
	Verde-Amarelo (10% Verde)	9.0	0.981	5.0	0.981	5.0	0.981	5.0	0.981
	Verde-Amarelo (0% Verde)	8.5	0.977	4.5	0.977	4.5	0.977	4.5	0.977
	Verde-Amarelo (0% Verde)	8.0	0.973	4.0	0.973	4.0	0.973	4.0	0.973
	Verde-Amarelo (0% Verde)	7.5	0.969	3.5	0.969	3.5	0.969	3.5	0.969
	Verde-Amarelo (0% Verde)	7.0	0.965	3.0	0.965	3.0	0.965	3.0	0.965
	Verde-Amarelo (0% Verde)	6.5	0.961	2.5	0.961	2.5	0.961	2.5	0.961
	Verde-Amarelo (0% Verde)	6.0	0.957	2.0	0.957	2.0	0.957	2.0	0.957
	Verde-Amarelo (0% Verde)	5.5	0.953	1.5	0.953	1.5	0.953	1.5	0.953
	Verde-Amarelo (0% Verde)	5.0	0.949	1.0	0.949	1.0	0.949	1.0	0.949
	Verde-Amarelo (0% Verde)	4.5	0.945	0.5	0.945	0.5	0.945	0.5	0.945
	Verde-Amarelo (0% Verde)	4.0	0.941	0.0	0.941	0.0	0.941	0.0	0.941

## LITERATURA CITADA

1. ALIZAGA, R.; HERRERA, J. Desarrollo del fruto y de la semilla en dos cultivares de café (*Coffea arabica*) y su relación con la germinación y el almacenamiento. *Agronomía Costarricense* 19 (1):61-67. 1995.
2. ÁLVAREZ T., E.; ÁLVAREZ M., F.; OLIVEROS T., C.E.; MONTOYA R., E.C. Propiedades físico-mecánicas del fruto y del sistema frutopedúnculo del Café variedad Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 52(2):701-720. 1999.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. ARLINGTON, ESTADOS UNIDOS. Official methods of analysis of AOAC International. 16. ed. Arlington, AOAC, 1995. 2 Vols.
4. CAMACHO O., G. Transformación y conservación de frutas. Universidad Nacional, 2002. On line Internet. Disponible en <<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/71180/index.htm>> (Consultado septiembre 2002)
5. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ, COLOMBIA. Anuario Meteorológico Cafetero 1994 Chinchiná, Cenicafé, 1995. 457 p.
6. FREIRE, A.C.F.; MIGUEL, A.E. Rendimiento e qualidade do café colhido nos diversos estagios de maturacao, em Varginha-MG. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 12. Caxambu, Outubro 28-31, 1985. Rio de Janeiro, IBCGERCA, 1985. p. 176-179.
7. GIUSTI, M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (2001).p.9-19.
8. GROSS, J. Pigments in fruits. Londres, Academic Press, 1987. 303 p. (Food Science and Technology. A Series of Monographs).
9. HERRERA, J.; ALIZAGA, R.; ALIZAGA, G. Efecto de la madurez del fruto de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra sobre la germinación y el vigor de las semillas. *Agronomía Costarricense* 17 (1):25-32. 1993.
10. KADER, A.A.; BARRET, D. M. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. *In: SOMOGOGYI, L.P.; RAMASWAMY, H.S.; HUI, Y.H.* Processing fruits: science and technology biology, principles and applications. Vol.1. Lancaster, Technomic Publishing Company, 1996. p. 1-24.
11. OLIVEROS T., C.E.; MONTOYA R., E.C.; AYALA A., A. Efecto de la broca del café en la firmeza del grano en los estados de cereza, pergamino húmedo y pergamino seco. *Cenicafé* 53(1):25-33. 2002.
12. PANTONE. Process coated. Color guide. Disponible en <<http://www.pantone.com>>
13. PUERTA Q., G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Cenicafé* 51(2): 136-150. 2000.
14. SALAZAR G., M. R. Estudio anatómico y fisiológico del fruto del café *Coffea arabica* L. var. Colombia. Popayán, Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, 1993. 98 p. (Tesis: Licenciada en Biología).
15. SAMPAIO, C.P.; CORREA, P.C.; QUEIROZ, D.M. DE; SILVA, J.N. DA Determinacao da forza requerida para o desprendimento dos frutos de café em diferentes estádios de maturacao. *Revista Brasileira de Armazenamento* 25(2): 52-56. 2001.
16. VILLALONGA M., A. Caracterización físico - química en algunas variedades de banana. *Revista Facultad Agronomía* 12 (1-2): 95-107. 1981
17. VILLAMIZAR DE B., F.; OSPINA M., J.E. Frutas y hortalizas. Manejo tecnológico postcosecha. Santafé de Bogotá, SENA-Universidad Nacional de Colombia, 1995. 84 p.
18. WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Postharvest; an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals. 4. ed. Sidney, University of New South Wales Press, 1998. 262 p.
19. ZULUAGA V., J. Contribution a l'etude de la composition chimique de la pulpe de café (*Coffea arabica*) L. Neuchatel, Université de Neuchatel. Faculté des Sciences, 1981. 93 p. (Tesis: Philosophy Doctor).
20. ZULUAGA V., J. Los factores que determinan la calidad del café verde. *In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. 50 Años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, 1990. p. 167-183.*