

CAFÉ ORGÁNICO: CARACTERIZACIÓN, TORREFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO¹

Andrea del Pilar Macías-Martínez* ; Campo Elías Riaño-Luna**

RESUMEN

MACÍAS M., A; RIAÑO L., C.E. Café orgánico: caracterización, torrefacción y enfriamiento. Cenicafé 53(4): 281-292. 2002

Con el propósito de diferenciar el café orgánico del no orgánico, en Cenicafé se realizó una caracterización fisicoquímica en verde y tostado de ambos tipos de café. El café verde procedente de la Estación Central Naranjal de Cenicafé, se clasificó por las mallas 15, 16 y 17 y se caracterizó evaluando las variables de color, densidad, lípidos, proteínas, acidez total y actividad acuosa (a_w). La torrefacción se realizó en dos sistemas de torrefacción diferentes: tambor rotatorio y lecho fluido, según pérdidas de peso: 14, 17 y 21% y para el enfriamiento se utilizó aire, agua y nieve carbónica. El café orgánico verde presentó menor porcentaje de lípidos y proteínas para la malla 17 y menor acidez que el café sin manejo orgánico. Al realizar el proceso de torrefacción-enfriamiento el café orgánico presentó menor contenido de lípidos, mayor cantidad de sólidos solubles y aromas como los piranos, pirroles y pirazinas. El tostador de lecho fluido, una pérdida de peso del 17% y enfriamiento con nieve carbónica fue el tratamiento que presentó las mejores características fisicoquímicas y organolépticas, necesarias para resaltar la calidad del café orgánico.

Palabras claves: *Coffea arabica*, cafés especiales, industrialización, calidad

ABSTRACT

At Cenicafé, a physicochemical characterization of green and roasted coffee was made in order to determinate differences between organic and not organic coffee. The green coffee from Naranjal Central Station of Cenicafé, was classified by 15, 16 and 17 sieves and the green been color, density, lipids, proteins, acidity and water activity (a_w) were measured to make the characterization. The roast process was performed in two different systems: fluidized bed and rotator drum according to 14, 17 and 21% of weight lost; air, water and carbonic snow were used to cool the roasted coffee. The organic green coffee showed less lipids and proteins contents at sieve 17 and less acidity than the coffee without organic management. During the roast-cooling process, the organic coffee presented less lipids, higher soluble solids contents and aroma compounds like pyrans, pyrroles and pyrazines. The fluid bed roaster, 17% weight lost and carbonic snow as cooling system is the treatment that showed the best physicochemical and organoleptic properties, which highlight the organic coffee quality.

Keywords: *Coffea arabica*, specialty coffee, quality, industrialization

¹ Fragmento de la tesis de grado "Café Orgánico: Caracterización, Torrefacción y Enfriamiento", presentada a la Universidad de América para optar el título de Ingeniera Química, 2000.

* Ingeniera Química, Universidad de América. Becaria Colciencias en el Programa de Industrialización de Cenicafé en el 2000

** Investigador Científico II, hasta marzo de 2001. Programa de Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Los cafés especiales son aquellos cafés que mantienen una consistencia en sus propiedades físicas, sensoriales y prácticas culturales que hacen que el café tenga unas cualidades específicas y especiales para los consumidores. Los cafés especiales se pueden agrupar en: cafés de origen, altura, orgánico, de alto tueste y saborizados¹. En los últimos 10 años se ha visto emerger una fuerte demanda de cafés especiales, siendo el café colombiano pionero en los cafés de origen.

La calidad del café depende de diferentes factores: origen botánico (especie y variedad), altitud de siembra, prácticas agronómicas (como la densidad de siembra, sombra o libre exposición, fertilización química u orgánica, entre otros); es decir, del ecosistema en general, así como el tipo y control del beneficio.

Para el caso del café orgánico el tipo de fertilización es un factor importante. Existen estudios que demuestran que la composición mineral del grano puede variar en función de la disponibilidad de nutrientes en el suelo: Amorim (2), cita diferentes autores (Love, 1957; Neptune, 1961; Argolla, 1963) que muestran que la disponibilidad de potasio y nitrógeno influyen en el contenido de estos elementos en el grano y la pulpa. Otros autores han comparado fertilizantes orgánicos (pulpa de café) con los fertilizantes químicos (NPK), o una combinación de ambos y su influencia en el suelo (13). Barrientos (3), encontró que el fertilizante químico acidifica el suelo y aumenta los contenidos de potasio y magnesio; Parra (9), afirma que la aplicación de pulpa aumenta los contenidos de materia orgánica en el suelo, así como las bases intercambiables, capacidad de intercambio y valor de pH. Suárez (12), en 1960,

compara la pulpa con otras fuentes de materia orgánica: compost de basuras y residuos de fincas, estiércol y gallinaza, y encontró que la pulpa aventaja en contenido de nutrientes al estiércol y gallinaza.

Son escasos los estudios que relacionan la composición química del suelo y el tipo de fertilización química/orgánica con la calidad de la bebida. Algunos no encuentran ningún efecto sobre la bebida (3); otros demuestran lo contrario como Robinson en 1960 citado por Amorim (2), respecto a que el estiércol influye en la calidad de taza y la deficiencia de Fe en el suelo perjudica la calidad de taza al aumentar su acidez. A pesar que estos estudios sugieren diferencias entre un café con fertilización química y uno con fertilización orgánica, no está claro hasta qué punto se afecta la composición química del café y cómo se puede ver afectada por los procesos de torrefacción.

El incremento en la demanda de los cafés orgánicos², lleva a buscar mejores técnicas de proceso que mantengan la calidad del grano obtenida en el cafetal. En esta investigación se realizó una caracterización fisicoquímica de este tipo de cafés para determinar si existen diferencias con un café no orgánico (con uso de fertilización química, fungicidas e insecticidas) y su dependencia de los procesos con diferentes sistemas de torrefacción-enfriamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales. Se utilizó café de la variedad Colombia-rojo, cultivado bajo sombra, con manejo orgánico y para su comparación se utilizó café variedad Colombia-rojo a la sombra,

¹ [Http://www.Cafédecolombia.com/cafes especiales.](http://www.Cafédecolombia.com/cafes_especiales)

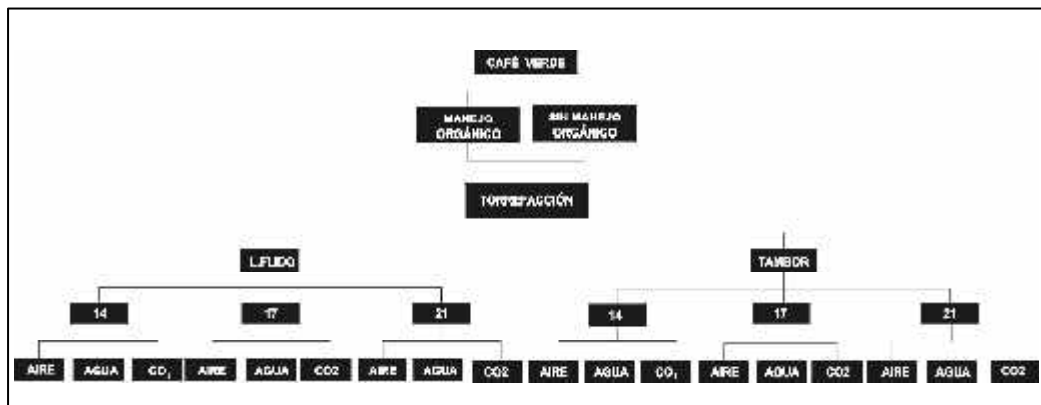
² De acuerdo con Ted Lingle (1995), Director de la Asociación Americana de Cafés Especiales, el consumo de café especial ha aumentado del 7-10% anualmente.

fertilizado químicamente (úrea y micronutrientes), cafés procedentes de la Estación Central Naranjal de Cenicafe, latitud Norte: 4° 58'; altitud 1.400msnm; temperatura en promedio de 20,7°C.

Metodología. Una vez cosechado el café, éste se benefició por vía húmeda y se secó al sol hasta una humedad del 10% ± 0,3. Se trilló y posteriormente se clasificó por mallas. La caracterización fisicoquímica se realizó para las

mallas 15, 16 y 17 de acuerdo a los análisis: color [luminosidad (valor L), cromaticidad (valores a y b)], densidad, humedad, pH, acidez, lípidos, proteínas y actividad acuosa (a_w).

Proceso de torrefacción. Para determinar la influencia de los sistemas de torrefacción-enfriamiento en la calidad del café, 160g de café verde se tostaron y enfriaron de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



El café verde (160 gramos) se tostó según pérdidas de peso: 14, 17 y 21%, en dos sistemas de torrefacción diferentes: tambor rotatorio Probat y lecho fluido, a una temperatura de 230°C. Luego de la tostación se realizó el proceso de enfriamiento de los granos tostados mediante tres sistemas diferentes: aire, agua (quenching) y nieve carbónica (CO₂ estado sólido). Para el sistema con agua se utilizó una relación de 0,05ml/g (agua/café)(10), y para la nieve carbónica una relación café verde/nieve carbónica: 6 para el café tostado al 14%, 4 al 17% y 5,5 al 21%.

Diseño Experimental. Los 36 tratamientos resultantes se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 2 (materias primas diferentes (Café verde con

manejo orgánico y café verde sin manejo orgánico) x 2 sistemas de torrefacción x 3 grados de tuestión (14,17 y 21% de pérdida de peso) x 3 sistemas de enfriamiento (aire, agua y nieve carbónica), con 4 repeticiones.

Variabes de respuesta.

Color: Se determinó la luminosidad (valor Hunting L) en escala de 0 a 100, donde 0 es oscuro y 100 es blanco, y la cromaticidad (valores Hunting a y b), donde a indica rojo cuando es positivo o verde cuando negativo y b indica amarillo cuando es positivo o azul cuando es negativo. Se determinó en un colorímetro HUNTER LAB referencia DP 9000.

Densidad. Método de caída, expresada en masa/volumen.

Humedad. Medida en un desecador infrarrojo marca Mettler Toledo LJ 16, a 105°C y se expresa en términos de porcentaje de humedad en los granos de café tostado.

pH y acidez titulable. Memotitulado Mettler Toledo DL 53. La acidez titulable se expresó en ml de NaOH 0,1N para neutralizar 100g de café tostado y se realizó de acuerdo con la norma AOAC 920.92 (7).

Lípidos. Expresados en porcentaje de lípidos en base seca. Analizador de grasas marca SOXTEC SYSTEM HT 1430 TECATOR. (AOAC 996.01, 1997).

Proteínas como nitrógeno total. Se expresa el resultado como porcentaje de proteína pura en base seca. El equipo utilizado fue una unidad

de digestión marca Buchi 435 y un destilador marca Buchi 323. (AOAC 979.09, 1997).

% Sólidos Solubles - Rendimiento. Se determina como el porcentaje de sólidos extraídos después de la infusión. (AOAC 973.21, 1996).

Actividad acuosa (a_w) Se determinó en un equipo Thermoconstanter Novasina, y se expresa en forma adimensional en valores que van de cero a uno (0 a 1). (Relación entre la presión de vapor del agua presente en el alimento a la presión de vapor del agua como compuesto puro a las condiciones en que se ha alcanzado el equilibrio).

Compuestos aromáticos* El análisis cromatográfico se realizó por cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC-MS) del espacio de cabeza 1. Los compuestos aromáticos del café tostado obtenidos se clasificaron según el grupo funcional al que pertenecen para

Tabla 1. Variables fisicoquímicas del café verde. Estadística descriptiva.

MPRIMA	MALLA	DENSIDAD		COLOR L		COLOR a		COLOR b		AW	
		MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.
CC	15	0,680	1,14	38,32	0,95	0,38	67,13	11,04	1,66	60,01	0,33
CC	16	0,690	0,55	38,16	1,24	0,42	62,75	10,81	0,52	59,90	0,30
CC	17	0,690	0,31	37,98	0,76	-0,24	-168,56	10,45	1,02	60,05	0,21
CORGA	15	0,672	0,66	36,48	0,31	0,84	38,24	10,51	2,63	60,08	0,44
CORGA	16	0,670	0,14	37,47	0,68	0,24	274,81	10,54	2,93	59,80	0,85
CORGA	17	0,660	0,42	37,53	0,84	0,19	227,24	10,26	3,19	60,08	0,92
Límites de confianza		0,671-0,679		37,38-37,95		0,11-0,53		10,47-10,73		59,88- 60,15	

MPRIMA	MALLA	Ph		ACIDEZ		LÍPIDOS		PROTEINAS	
		MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.	MEDIA	C.V.
CC	15	5,10	0,29	0,879	1,76	14,60	4,12	14,46	1,27
CC	16	5,10	0,17	0,852	7,52	14,00	1,01	13,66	0,51
CC	17	5,10	0,14	0,814	2,62	14,24	0,9	13,47	0,91
CORGA	15	5,07	0,15	0,740	4,43	14,25	0,56	14,35	0,94
CORGA	16	5,10	0,74	0,620	9,86	14,12	0,37	14,13	1,73
CORGA	17	5,06	0,83	0,741	3,80	12,61	0,72	13,87	0,92
Límites de confianza		5,08 - 5,10		0,735 - 0,815		13,67- 14,25		13,82- 14,17	

CC= Café sin manejo orgánico

CORGA= Café con manejo orgánico

*Análisis realizado en la Universidad Industrial de Santander. Laboratorio de fitoquímica y cromatografía.

evaluar la cantidad presente en cada uno de los tratamientos estudiados y su aporte a la conformación del aroma.

Sensorial. Se realizó en el panel de catación de Casa Luker (análisis cuantitativo descriptivo) para evaluar las características de aroma, amargo y acidez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización café verde. En la Tabla 1 se presenta la estadística descriptiva de las variables fisicoquímicas evaluadas. Los valores obtenidos se encuentran dentro de lo estipulado para el café verde (Tabla 2), a excepción de las variables color y la densidad. La literatura registra valores más altos de color y densidad a los encontrados en este estudio, lo cual se debe a que se utilizó un café con menor humedad al empleado por Porto (11), D.A en 1997 y Ortola (8) en 1998, los cuales trabajaron con cafés de humedad entre el 11 y 12%. Tanto la

densidad como el color dependen en forma directa de la humedad del café verde; a mayor humedad mayor densidad, menor luminosidad (L) y mayor tendencia al verde (entre mayor sea el valor de a, mayor tendencia a las tonalidades verdes). Se observa un coeficiente de variación alto para las variables de color a. Sin embargo, cumple el supuesto de normalidad.

Al evaluar la influencia del tipo de materia prima sobre las características fisicoquímicas del café verde en el análisis de varianza se encontró efecto significativo de la materia prima sobre la densidad y efecto de la interacción *materia prima (mprima) x malla* sobre las variables acidez, lípidos, proteínas, color L (Luminosidad).

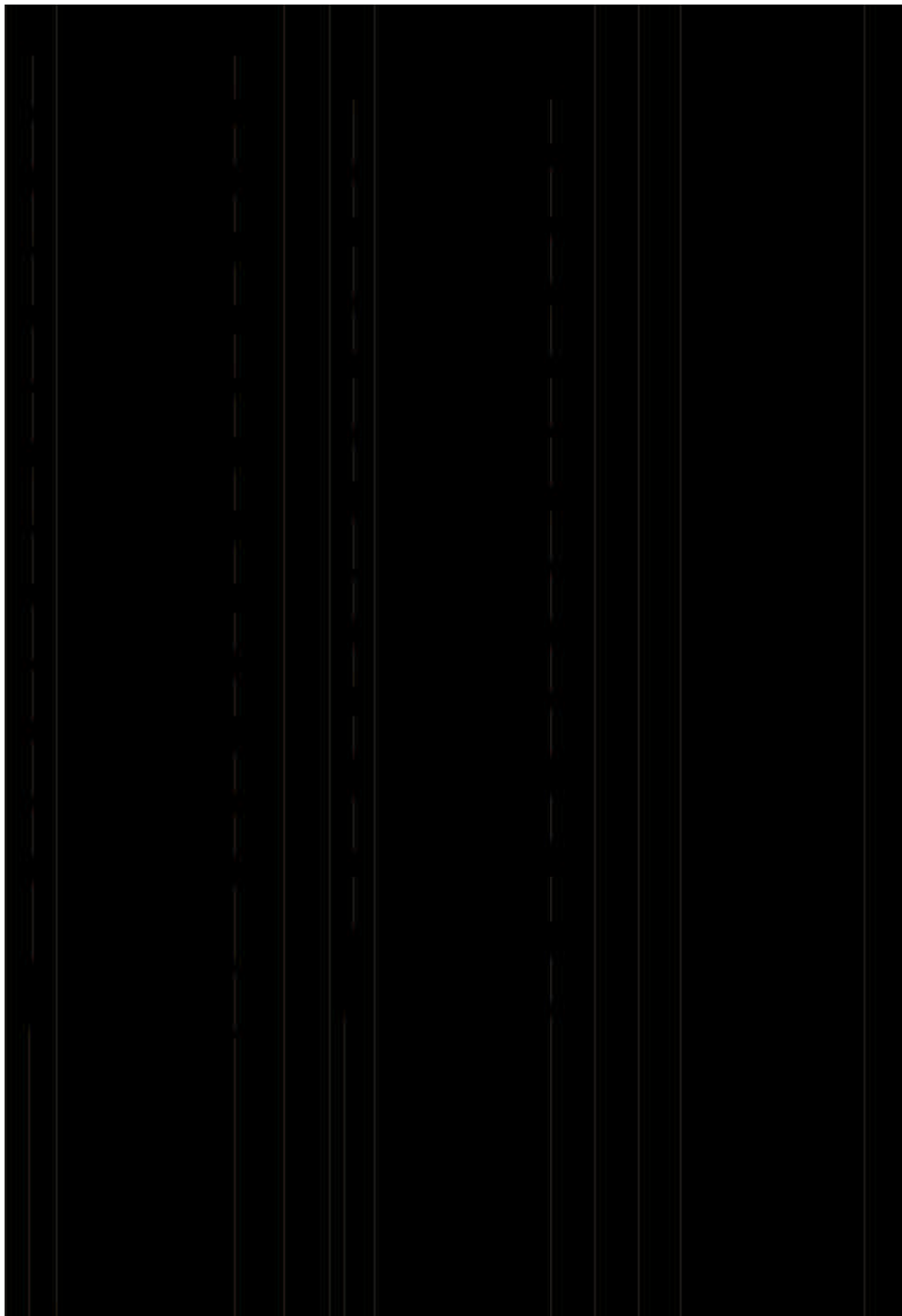
Propiedades físicas. El café orgánico presentó granos de menor densidad (Figura 1).

Lípidos y proteínas. Los valores de éstos presentaron un comportamiento diferente entre las materias primas. El contenido de lípidos en

Tabla 2. Comparación entre valores reportados y obtenidos de las características del café verde.

	Límites de confianza (95%)	Datos reportados	AUTOR
Lípidos	13,67 – 14,25	12 – 18	Clarke, 1985
Proteínas	13,82 – 14,17	11 – 13 9,8	Clarke, 1985 Illy, 1995
Color L; a; b	37,4-38,5; (0,1-0,5), (10,5-10,7)	64,98 - 0,45 13,5	Ortola, 1998 Porto D.A. 1997
Densidad (g/cc)	0,67- 0,68	0,70 - 0,73	Ortola. 1998
Acidez total (AOAC)	0,735 – 0,815		Ortola, 1998; Sivets, 1979 Clarke, 1985; Illy, 1995; Porto
pH	5,08 – 5,10	5 - 6	D.A. 1997; Nicoli M.C. 1990

Tabla 3. Compuestos aromáticos. Número de compuestos y porcentaje de área relativa.



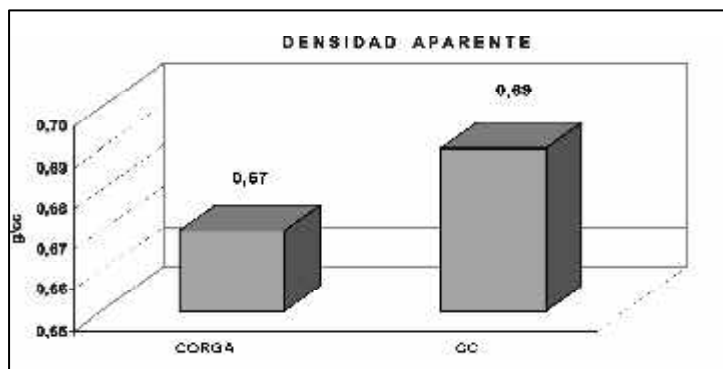


Figura 1.
Densidad aparente del café verde

el café orgánico presentó tendencia cuadrática, con aumento del contenido hasta la malla 16, a partir de la cual comienza a descender hasta la malla 17, siendo menor el contenido de lípidos del café orgánico, comparado con el no orgánico en la malla 17 (Figura 2). El porcentaje de proteínas descendió linealmente a medida que aumentó el tamaño del grano (malla) en el café orgánico y tuvo tendencia cuadrática para el caso del café no orgánico; presentando mayor contenido de proteínas el café orgánico en las mallas 16 y 17 (Figura 3).

Las diferencias entre materias primas respecto a los contenidos de lípidos y proteínas, sugieren la existencia de otros compuestos en mayor o menor proporción en cualquiera de los dos tipos de café, que hacen que la cantidad relativa de lípidos sea menor y el porcentaje de proteínas mayor para el café orgánico en la malla 17. Tomando en cuenta lo anterior, se esperaría que las respuestas fisicoquímicas y organolépticas del café tostado orgánico sean diferentes a las del café sin manejo orgánico

Acidez. La acidez descendió linealmente con el aumento de la malla para el café no orgánico, mientras que para el café orgánico presentó una tendencia cuadrática. En general, la acidez en el café no orgánico fue mayor que para el café orgánico en todas las mallas (Figura 4)

La caracterización del café verde manifestó diferencias entre materia prima. Estas observaciones implican que el café se desarrolló física y químicamente de forma diferente. Dado que el tratamiento postcosecha fue igual para ambos tipos de café y que la única diferencia fue el manejo agronómico, principalmente el tipo de fertilización (orgánica o química), las diferencias obtenidas pueden deberse a esto. No obstante, los estudios que se deriven basados en estas observaciones darán más herramientas de juicio para explicar este comportamiento.

En la siguiente etapa se determinó si estas diferencias encontradas entre materias primas persistían después del proceso de torrefacción-enfriamiento:

En la etapa de torrefacción-enfriamiento los valores obtenidos en todas las variables fisicoquímicas evaluadas para el café tostado se encontraron dentro de los estándares normales del café tostado (4) y con coeficientes de variación aceptables.

La materia prima sólo tuvo efecto sobre:

- Los sólidos solubles en las interacciones de los factores: materia prima (*mprima*) x método de torrefacción (*mtost*) y (*mprima* x *enfriamiento*).

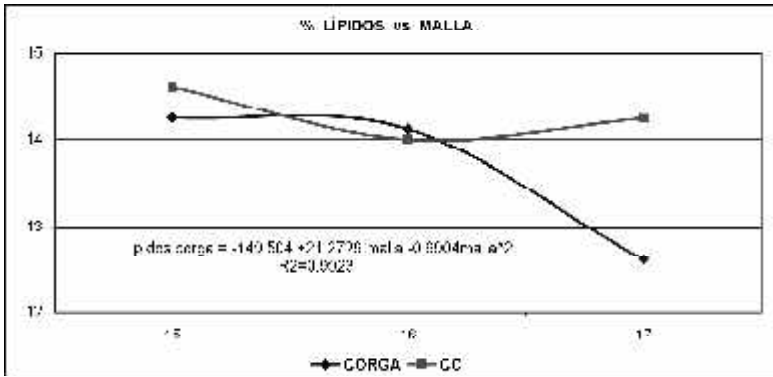


Figura 2. Contenido de lípidos del café verde en función de la malla.

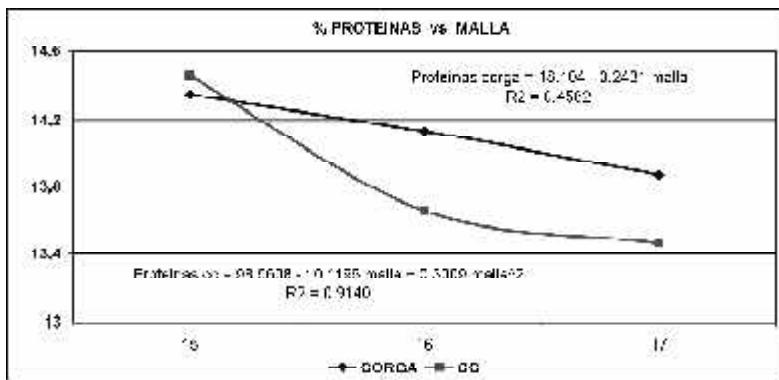


Figura 3. Contenido de proteínas del café verde en función de la malla.

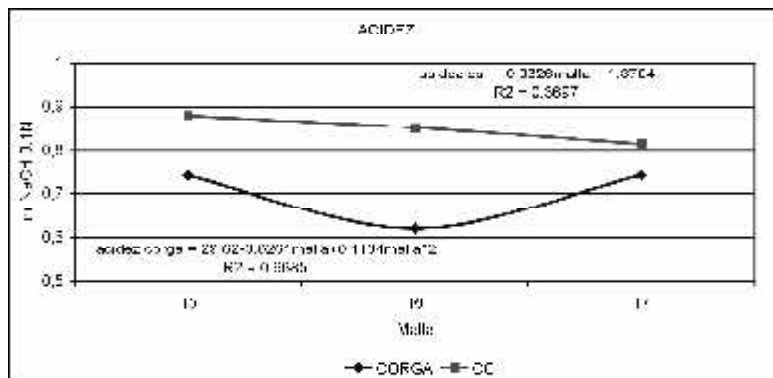


Figura 4. Acidez café verde en función de la malla.

■ Los lípidos en la interacción: *mprima x mtostr x enfría*.

Lípidos. La influencia de la materia prima sobre los lípidos se observa en la interacción *mprima*

x mtostr x enfría (Figura 5). El porcentaje de lípidos del café orgánico tostado en lecho y enfriado con agua es ligeramente menor al café no orgánico, e igual cuando se enfría con aire o nieve carbónica. En el tostador de tambor

Figura 5.

Contenido de lípidos como respuesta a la interacción mprima x mtost x enfria.

LCC: Café no orgánico tostado en lecho fluidizado; LCORGA: Café orgánico tostado en lecho fluidizado. TCC: Café no orgánico tostado en tambor; TCORGA: Café orgánico tostado en tambor.

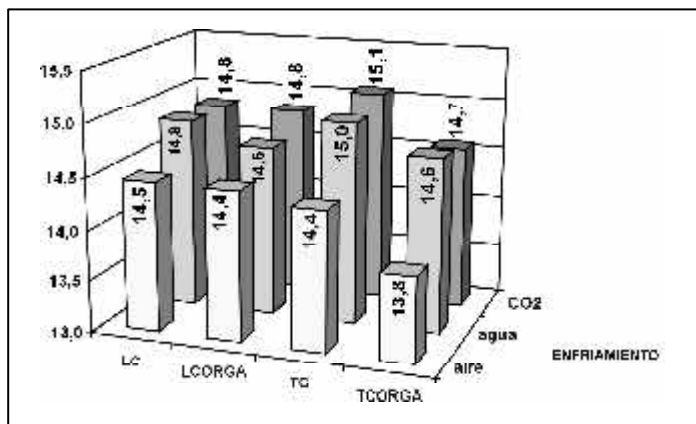
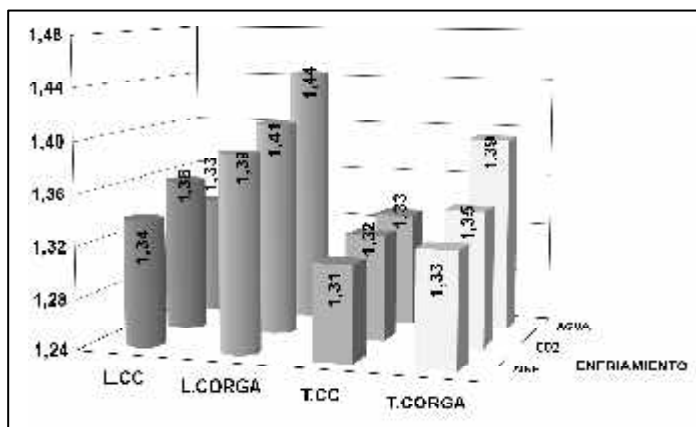


Figura 6.

Porcentaje de sólidos solubles como respuesta al tipo de materia prima, método de torrefacción y enfriamiento.

LCC: Café no orgánico tostado en lecho fluidizado ; LCORGA: Café orgánico tostado en lecho fluidizado. TCC: Café no orgánico tostado en tambor; TCORGA: Café orgánico tostado en tambor.



el café orgánico siempre presentó menor porcentaje con cualquiera de los tres enfriamientos, siendo mayor la diferencia entre materias prima al enfriarse con aire.

Sólidos solubles – Rendimiento. Tanto los sólidos solubles como el rendimiento fueron mayores para el café enfriado con agua, resultados que están de acuerdo con los estudios realizados por González (5), en 1987 y Acevedo (1) en 1998.

Con el tostador de lecho se obtiene mayor cantidad de sólidos ya que en el tostador de lecho la transferencia de calor es mejor, lo cual favorece las reacciones de pirólisis,

obteniéndose cafés con mayor porcentaje de sólidos solubles (Figura 6). Datos que están de acuerdo con lo propuesto por Clarke (4) en 1985 y Herrera (6), en 1995.

Al tostar el café y obtener mayor porcentaje de sólidos solubles en el café orgánico se sugiere en forma indirecta que existen otros compuestos en mayor proporción en el café verde orgánico como los polisacáridos y minerales, que durante la torrefacción producirán mayor cantidad de solubles en agua (4).

Comercialmente es más rentable obtener cafés con mayor cantidad de sólidos, ya que se necesita menos café para obtener el mismo

cuerpo de tasa. Esto significa que el café orgánico es mejor al café no orgánico en cuanto a sólidos solubles y el tostador de lecho y enfriamiento con agua son mejores al resto de los tratamientos.

En el análisis de compuestos aromáticos (Tabla 3) se observa que los compuestos que se presentaron en mayor proporción fueron las cetonas, furanos, pirroles, ésteres, hidrocarburos y pirazinas.

El café orgánico presentó mayor cantidad relativa de ésteres, fenoles, pirazinas y menor cantidad de pirroles. Las pirazinas imparten el sabor tostado y son derivados de las reacciones de strecker. Los fenoles son derivados de los ácidos clorogénicos. Los pirroles imparten aromas como amargo, caramelo y quemado (tostado).

Adicionalmente, se realizó un análisis por componentes principales de los compuestos aromáticos para determinar en forma global qué variables tuvieron mayor poder explicativo sobre la variación total del modelo. Se obtuvieron gráficas cuyos ejes son los componentes que agrupan aquellos resultados con características

semejantes. De acuerdo con los resultados, los tres primeros componentes explicaron el 80% de la varianza total.

En la Figura 7 se distinguen dos grupos, uno en el cuadrante superior izquierdo - tostador de tambor- y el otro en los cuadrantes inferiores - tostador de lecho fluido-; es decir, se observa la influencia del método de torrefacción sobre los compuestos aromáticos del café tostado.

El componente principal 1 estuvo conformado en orden de importancia por los compuestos: hidrocarburos, cetonas, furanos, compuestos bencénicos, compuestos sulfuros, pirroles, piridinas, ésteres, compuestos nitrogenados y aldehídos. Entre más altos son los valores, mayor proporción de estos compuestos en el aroma de café tostado.

En el componente 2 se observó la influencia del tipo de materia prima sobre la formación de aromas en el proceso de torrefacción (Figura 9). De acuerdo con los valores propios, los compuestos que más explican esta agrupación en el componente 2 son los ésteres, pirroles, fenoles, piranos, pirazinas.

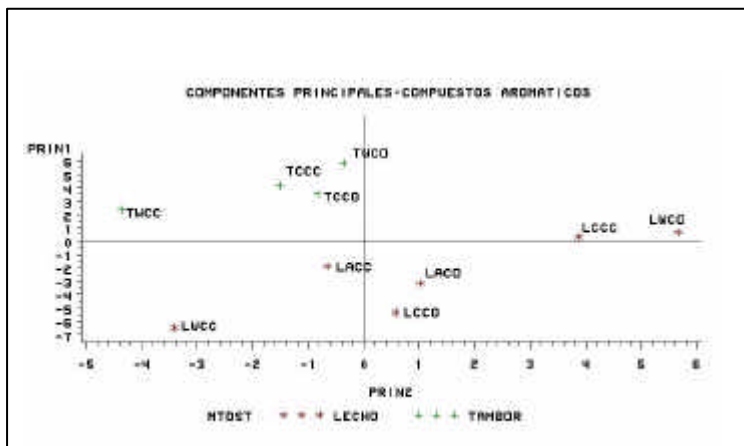


Figura 7.
Componente 1 vs
Componente 2.
Compuestos aromáticos

En las Figuras 8, 9 y 10 se muestra el componente 1 vs componente 2, para cada tipo de enfriamiento por separado. En el enfriamiento con agua y aire se puede observar que el café no orgánico se ubica en extremo izquierdo,

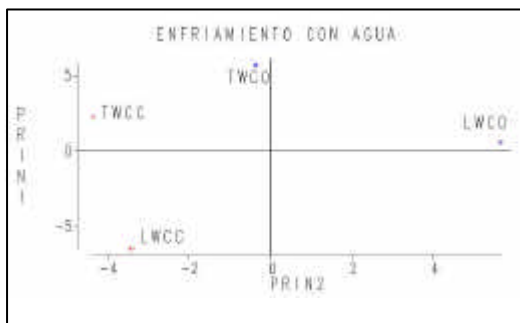


Figura 8. Componente 1 vs Componentes. Compuestos aromáticos. Enfriamiento con agua

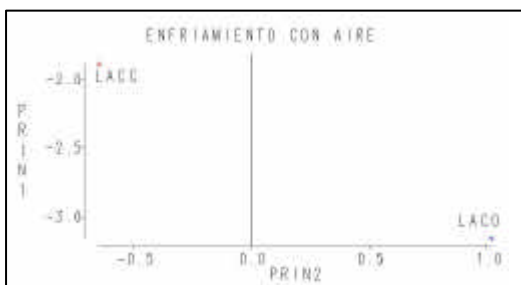


Figura 9. Componente 1 vs Componente 2. Compuestos aromáticos. Enfriamiento con aire.

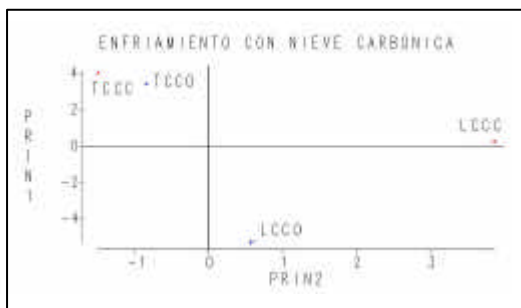


Figura 10. Componente 1 vs Componente 2. Compuestos aromáticos. Enfriamiento con nieve carbónica.

mientras que el orgánico a la derecha. Al enfriar con nieve carbónica la diferencia entre materias primas se observa con el tostador de lecho, en el cual, el café orgánico se ubica más a la izquierda que el café no orgánico. Entre más altos sean los valores del print2 (hacia la derecha), mayor proporción de ésteres, pirroles, fenoles, piranos, pirazinas en el aroma de café tostado.

En general, aunque en el café verde hubo diferencias en las propiedades fisicoquímicas entre los dos tipos de materias primas, una vez realizado el proceso de torrefacción éstas sólo influyeron en el porcentaje de lípidos, sólidos solubles y compuestos aromáticos, confirmando en forma indirecta que el café orgánico posee carbohidratos (azúcares reductores, polisacáridos) y minerales en mayor proporción, que permiten obtener mayor cantidad de sólidos solubles y aromas que el otro tipo de café estudiado.

Los azúcares reductores son los principales precursores de los aromas (piranos, pirroles y pirazinas, entre otros). Los polisacáridos durante la pirólisis se degradan a compuestos de menor peso molecular (depolymerización), aumentando su solubilidad, la cual se ve reflejada en el cuerpo de la taza y la cantidad de sólidos solubles.

De esta investigación se deriva que el café con manejo orgánico, como café especial, debe ser procesado en un tostador de lecho fluido, a una pérdida de peso del 17%, y enfriado con nieve carbónica para obtener las mejores características fisicoquímicas y organolépticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Lucelly Orozco, al Dr. José Darío Arias del Programa de Experimentación y al personal de la Estación Central Naranjal de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

1. ACEVEDO, J.L. CASTAÑO J.J. Influencia del agua de apagado sobre las propiedades fisicoquímicas del café tostado. *Cenicafé* 49(1):17-29. 1998.
2. AMORIM, H.V. DE.; SCOTON, L.C.; CASTILHO, A. DE.; GOMES, F.P.; MALAVOLA, E. Estudos sobre a alimentacao mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da adubacao N.P.K e organica na composicao mineral do grao e na qualidade da bebida. 2a. nota. *Anais da Escola Superior de Agricultura. "Luis de Queiroz"* 24:215-228. 1967.
3. BARRIENTOS M., AGUILAR, A. Pulpa de café dirigida mezclada en suelo en combinación con la fertilización química en viveros de café/ *Coffea arabica/L* Var: caturra-rojo. *Revista Chapingo* 12(60-61):16-20. 1988.
4. CLARKE, R.J.; MACRAE, R. *Coffee*. Vol. 1. Chemistry. Londres, Elsevier Applied Science Publisher, 1985. 306 p.
5. GONZÁLEZ H., E.M; VARGAS, C.E. Determinación grado de tueste y cantidad de agua de enfriamiento. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química, 1987. 165 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
6. HERRERA E.; RIAÑO, LUNA C.E. La torrefacción rápida del café y su aplicación en la industria. *Cenicafé* 47(4):187-198. 1996.
7. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C. Acidity (total) of roasted coffee. Official method 920.92. Maryland. AOAC, 1997. p.v.
8. ORTOLA, M,D.; GUTIÉRREZ, C.L. Kinetic study of lipid oxidation in roasted coffee. *Food Science and Technology International*. 4(1) : 67 – 73.
9. PARRA H. J. Valor fertilizante de la pulpa. *Cenicafé* 10(10): 441-460. 1959.
10. PELÁEZ R., A.; MORENO G., E. *Vademecum del tostador colombiano*. Bogotá, LIQC, 1991. p.v.
11. PORTO, D.C. Study and physicochemical changes in coffee beans during roasting. *Italian Journal of Food Science* 3(3):197 – 207. 1997.
12. SUÁREZ DE C., F. Valor de la pulpa como abono. *Agricultura Tropical* 16 (8) : 503-513. 1960.
13. URIBE H., A; SALAZAR A. La pulpa de café es un excelente abono. *Avances Técnicos Cenicafé* No.111: 1-6. 1983.