

# INFLUENCIA DE LA MATERIA PRIMA, DEL GRADO DE TOSTIÓN Y DE MOLIENDA EN LA DENSIDAD DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO Y EN ALGUNAS PROPIEDADES DEL EXTRACTO OBTENIDO

Paula Cristina Cuéllar-Soares\* ; José Jaime Castaño-Castrillón\*

---

## RESUMEN

**CUELLARS., P.C.; CASTAÑO C., J.J. Influencia de la materia prima, del grado de tostión y de molienda en la densidad del café tostado y molido y sobre algunas propiedades del extracto obtenido. Cenicafé 52(2):127-140.2001.**

El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto que tiene sobre la densidad aparente del café tostado y molido medida por los métodos de Caída Libre y Compactación, las mezclas de café verde consumo y pasilla como materia prima y diferentes grados de tostión y molienda de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana vigente (NTC 2442 y NTC 2441, respectivamente). Se determinó la influencia de estos tres factores (mezcla, tostión y molienda) sobre el rendimiento de extracción y algunas propiedades del extracto de café como el pH, la acidez y la concentración medida como grados Brix y porcentaje de sólidos solubles mediante la utilización de un sistema propio de extracción para cada grado de molienda. Se presentan los resultados obtenidos en los cuales se observa que la densidad disminuye con el aumento del porcentaje de café pasilla en la mezcla, con el aumento del grado de tostión y el tamaño de partícula obtenido en las diferentes moliendas. En cuanto a las propiedades del extracto se observó que a medida que aumenta el grado de tostión, la densidad y la acidez disminuyen, el pH aumenta y los sólidos solubles y los grados Brix tienden a permanecer constantes para las moliendas media y gruesa, aumentando para la molienda fina.

**Palabras claves:** *Coffea arabica*, mezclas de café, café tostado y molido, densidad aparente, propiedades del extracto.

---

## ABSTRACT

This research purpose was to asses the effect of consumable green and “pasilla” low quality coffee mixtures as raw material as well as different roasting and grinding degrees. Hence, procedures were followed according to the current Colombian Technical Regulation (NTC 2442 and NTC 2441, respectively) on apparent roasted and grinded coffee density measured by free-flow and compacted bulk density methods. The influence of these three factors (mixture, roasting and grinding) was determined taking into account extraction performance and some coffee extract properties like pH, acidity and concentration, which is measured as Brix degrees and percentage of soluble solids by using a characteristic extraction system for each grinding degree. The obtained results are presented indicating that density decreases with “pasilla” coffee percentage increase in the mixture, with roasting degree increase as well as with particle size achieved through different grindings. As for extract properties it was observed that whereas roasting degree increases, density and acidity decrease, pH increase, and soluble solids as well as Brix degrees tend to stay constant for coarse and dense grinding and to increase for fine grinding.

**Keywords:** coffee mixtures, roasted and grinded coffee, bulk density, extract properties.

---

\* Ingeniera Química. Universidad Nacional de Colombia

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

En Colombia se producen varias clases de café al año entre los cuales se encuentran el café excelso, el café consumo y el café pasilla, que difieren entre sí principalmente en aspectos de calidad y tamaño (10). Debido a esto se decidió realizar un estudio en el cual se analizará la influencia que tiene la calidad del café no sólo en la densidad aparente del café tostado y molido sino en algunas propiedades del extracto de café como el pH, la acidez y la concentración, medida como grados Brix y porcentaje de sólidos solubles.

Es esencial tener conocimiento sobre la densidad aparente del café tostado y molido puesto que además de servir como indicador de la calidad del café se utiliza también para calcular volúmenes de empaques, principalmente (1, 2), y debido a la importancia que tiene actualmente el control de la calidad es muy importante conocer la medida en que el café pasilla afecta la calidad del café que es consumido finalmente.

El café tostado y molido puede encontrarse en diversos grados de tosti6n (12) y de molienda (13) y debido a que no se conoce a fondo el efecto que estos factores tienen sobre las variables mencionadas, se resolvi6 incluir en la investigaci6n los cuatro grados de tosti6n y los tres de molienda que existen actualmente definidos por las normas ICONTEC NTC 2442 y NTC 2441, respectivamente.

De esta manera, los resultados obtenidos de la combinaci6n de estos tres factores: mezcla, grado de tueste y grado de molienda se analizaron por factor, utilizando un an6lisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% para conocer estadisticamente las diferencias entre los tratamientos estudiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materia Prima.** Se utiliz6 una muestra de café 100% Excelso y 7 mezclas de café Consumo y café Pasilla, como se muestra en la Tabla 1. Las mezclas 1 y 2 corresponden al café Excelso y al café Consumo que aunque no son mezclas fueron así denominadas para mayor facilidad en el estudio. La Pasilla fue conformada con porcentajes definidos en sus defectos de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 3633 (7) en la actualizaci6n que se encontraba vigente en la cual los defectos se dividen en dos grupos. Para el segundo grupo la norma no especifica los porcentajes, por lo cual, fueron asumidos en esta investigaci6n como se presenta en la Tabla 2.

**Diseño Experimental.** Se trabaj6 con un arreglo factorial 8\*4\*3 (8 mezclas de café, 4 grados de tosti6n, 3 grados de molienda) con 4 repeticiones por tratamiento. Se tom6 como unidad experimental la cantidad de 200 gramos de café verde.

**Tabla 1.** Composici6n de las mezclas de café utilizadas como materia prima.

MEZCLANo.	% EXCELSO	% CONSUMO	% PASILLA
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	80	20
4	0	60	40
5	0	50	50
6	0	40	60
7	0	20	80
8	0	0	100

**Tostación.** El proceso de tostación se realizó en un Tostador para Laboratorio Quantik TC-150. Se tostó a cuatro grados diferentes según se especifica en la NTC 3534 (4), controlando el grado de tueste por medio del color utilizando el método infrarrojo presentado en la NTC 2442 (5). Estos grados de tuestión se encuentran definidos por rangos de color de 50 puntos, para Colorímetro Quantik, pero para una mayor exactitud se redujeron a 20 puntos (Tabla 3).

**Tabla 2.** Defectos del café 100% Pasilla

DEFECTO	%
<b>Defectos Grupo 1</b>	<b>25</b>
Café Negro	10
Café Vinagre	12
Café Cardenillo	3
<b>Defectos Grupo 2</b>	<b>17</b>
Café Decolorado Reposado	3
Café Mordido	4
Café Picado 2,3	4
Café Averanado	3
Café Balsudo	3
<b>Total Café Defectuoso</b>	<b>42</b>
<b>Total Grano Aprovechable</b>	<b>58</b>

**Tabla 3.** Definición del grado de tuestión según el rango de color<sup>1</sup>

GRADODE TOSTIÓN	RANGODE COLOR NTC 3534	RANGODE COLOR TRABAJADO
Claro	270-320	295± 10
Medio	220-270	245± 10
Oscuro	170-220	195± 10
Muy Oscuro	120-170	135± 10

<sup>1</sup> Para Colorímetro Quantik IR-800

**Tabla 4.** Grados de Molienda según la Norma Técnica Colombiana y los hallados en la investigación.

MOLIENDA µm NTC 2441	TAMAÑO DEPARTÍCULA,	TAMAÑO DEPARTÍCULA PROMEDIO HALLADO µm
Gruesa	700-900	751
Media	500-700	513
Fina	300-500	475

**Molienda.** Se trabajó con tres grados de molienda para los cuales el tamaño de partícula se midió por granulometría de acuerdo a la NTC 2441 (4). Se utilizó un molino Probat tipo Kenia pero dada la incapacidad de producir partículas muy finas se trabajó además, con un molino La San Marco SM-90 para molienda fina. Los tamaños de partícula trabajados en la investigación y la ubicación de la perilla de los molinos se especifican en la Tabla 4.

**Análisis de Café Molido.** Se midió la densidad aparente por el método de compactación, de acuerdo a la NTC 4084 (8), en un Analizador Volumétrico Quantik VU-80 y por el método de caída libre. Dado que este último no cuenta con una norma colombiana, el equipo y su medida se realizó con base en la ISO 8460 para café instantáneo (9).

**Extracción.** Se realizó un proceso de extracción diferente para cada grado de molienda así (3, 11, 13): Para molienda gruesa se utilizó el método de olla en el cual a 400ml de agua hirviendo se le agregan 24g de café tostado y molido. Se revuelve y se deja sedimentar por 20 minutos. Luego se decanta y el extracto obtenido se deja enfriar.

Para molienda media se realizó la extracción en una greca por goteo Proctor Sílex en la cual se pesan 18g de café en un filtro Melitta No. 4. Este se coloca en el portafiltro y se monta en la cafetera, la cual se enciende y empieza el goteo; una vez finalice, el café se deja enfriar. Para la molienda fina se utilizó una cafetera espresso La San Marco Sprint 95. Para

este proceso se pesan 14g de café tostado y molido en el filtro. Este se encaja en el portafiltras y se monta en la cafetera. Se enciende y se empieza a recoger el extracto durante 2 minutos 50 segundos, tiempo en el cual según ensayos previos se recogen 100ml de bebida. El extracto se deja enfriar para luego ser analizado.

**Análisis del Extracto.** A cada extracto se le midió la concentración en grados Brix y en porcentaje de sólidos solubles, el pH y la acidez. La concentración en grados Brix se midió en un Refractómetro Leica Auto ABBE colocando 1ml de muestra sobre el prisma. El valor se lee directamente de la pantalla del equipo. La concentración de sólidos solubles se realizó pesando  $10 \pm 0,01$ g de extracto en una caja de Petri la cual se coloca en una estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 4 horas. El proceso se realizó por triplicado. Al cabo de este tiempo se colocaron las cajas en un desecador y se pesaron. El porcentaje de sólidos se obtuvo de acuerdo a la Ecuación 1.

$$\% \text{ Sólidos Solubles} = \frac{\text{Peso caja de Petri con muestra} - \text{Peso caja de Petri vacía}}{\text{Peso de muestra}} \quad \ll<1>>$$

Para medir el pH se utilizó un pH-metro Mettler-Toledo MP 220 sumergiendo el electrodo en todo el extracto. La acidez tomando 10 ml de extracto los cuales se diluyen a 150ml con agua destilada. Esta solución se tituló con una Bureta Digital Brand que contiene NaOH 0,01N, hasta un pH de 7,00. La cantidad de soda gastada se lee directamente de la bureta y este valor se divide por la cantidad de café soluble como se muestra en la Ecuación 2.

$$\text{Acidez} = \frac{\text{ml de NaOH 0.01 N gastados}}{(\text{Peso del extracto} * \text{Sólidos solubles})} \quad \ll<2>>$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis por factor Mezcla.** Se realizó una prueba de Tukey a las medias de las variables estudiadas para cada mezcla y se realizó un análisis discriminado por grado de molienda debido a la ya mencionada interacción. Los resultados se presentan tabulados para cada molienda de tal manera que los valores con igual letra no presentan diferencias significativas.

Variable Densidad por Compactación. En la Tabla 5 se observa que para la molienda gruesa la mayor diferencia se presenta para entre las mezclas de menor valor, la 1 y 4, y la que presenta el mayor valor de densidad, la mezcla 5. Para la molienda media la diferencia más significativa es entre la mezcla 6, de mayor valor, y la mezcla 1, de menor valor. Para la molienda fina se presentan diferencias entre la mezcla 2 que cuenta con el valor más alto y las mezclas 1, 4 y 7 que tienen los menores valores encontrados (Figura 1).

Variable Densidad por Caída Libre. Para la molienda gruesa se observan 4 grupos muy bien definidos en los cuales presentan mayor valor, en su orden, las mezclas 2, 5, 3 y 1 significativamente diferentes de las demás. En la molienda media se observa que los mayores valores son presentados por las mezclas 6 y 2 y el menor por la mezcla 8. En la molienda fina también se presentan 4 grupos definidos en los cuales la mayor densidad se observó en las mezclas 1 y 2 significativamente diferentes del grupo de menor valor en donde se encuentran las mezclas 4, 6 y 8 (Tabla 6) (Figura 2).

Variable pH del extracto. En la Tabla 7 se observa que para la molienda gruesa los menores valores se presentan para las mezclas de mejor calidad, 1, 2 y 3 que son significativamente diferentes de las demás entre las cuales el mayor valor lo presenta la mezcla 8. Similarmente, la molienda media

**Tabla 5.** Densidad por compactación por factor mezcla.

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	0,334300f*	0,3535188d	0,4621563c
2	0,343831bc	0,3593063ab	0,4666875a
3	0,339806ed	0,3548188cd	0,4638438bc
4	0,337225ef	0,3541375cd	0,4634000c
5	0,349844 <sup>a</sup>	0,3595563ab	0,4641438abc
6	0,344881b	0,3603563a	0,4664375ab
7	0,340675ced	0,3539250dc	0,4630875c
8	0,342350bcd	0,3566563bc	0,4641375abc

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 6.** Densidad por caída libre por factor mezcla.

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	0,2639500cc	0,2591813b	0,2960563b
2	0,2710625a	0,2615875a	0,2986750a
3	0,2643813c	0,2564938cd	0,2910500c
4	0,2596688d	0,2582938bc	0,2842188d
5	0,2671250b	0,2551938d	0,2888438c
6	0,2600688d	0,2623563a	0,2834375d
7	0,2610625d	0,2550875d	0,2889938c
8	0,2593500d	0,2506063e	0,2851875d

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 7.** pH del extracto de café por factor mezcla

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	5,42938e	5,44625d	5,50625e
2	5,50000d	5,42438d	5,52313ed
3	5,52313cd	5,43813d	5,4438cd
4	5,57188ab	5,50188bc	5,60688a
5	5,58250ab	5,54250a	5,60125ab
6	5,54875abc	5,48875c	5,61313a
7	5,54313bc	5,53375ab	5,55063cd
8	5,58688 <sup>a</sup>	5,51875abc	5,57125bc

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

también presenta las mezclas 1, 2 y 3 como las de menor valor y la 5 como la de mayor valor. En la molienda fina se observa que los menores valores son presentados por las mezclas 1 y 2 que son significativamente diferentes de las demás entre las cuales los mayores valores son para las mezclas 4, 5 y 6 (Figura 3).

Variable de acidez del extracto. En la Tabla 8 se observa que para la molienda gruesa se

presenta diferencias especialmente en dos grupos, el de mayor valor conformado por las mezclas 1 y 7 y el de menor valor, las mezclas 5 y 6. Para la molienda media se observa diferencia entre la mezclas de menor valor, la 5 y 8, y todas las demás. En la molienda fina, se observan diferenciados dos grupos, en los cuales el de menor valor está conformado por las mezclas 1, 2 y 6 (Figura 4).

Variable Concentración del extracto en Grados Brix. Se observa en la Tabla 9 que para la molienda gruesa, se presenta diferencia entre el grupo de mayor valor en el cual se encuentran las mezclas 5 y 8 y las demás mezclas entre las cuales el menor valor lo presentó la mezcla 6. En la molienda medias se encuentran definidos 5 grupos entre los cuales los menores valores se presentaron para las mezclas 1, 2 y 3 y el mayor para la 5. La molienda fina presenta también 5 grupos entre los cuales son de mayor valor la mezcla 1 y 3 y de menor valor las mezclas 6 y 7 (Figura 5).

Variable Concentración del extracto en porcentaje de Sólidos Solubles. En la Tabla 10 se observa que para la molienda gruesa las mezclas 1, 2 y 3 son significativamente de las demás presentando el mayor valor. El menor valor se encontró para las mezclas 7 y 8. En la molienda media se presentan 5 grupos entre los cuales las

mezclas 1 y 2 son de menor valor. En la molienda fina se presentan 7 grupos bien diferenciados en los cuales los mayores valores son para las primeras mezclas y se observa que su valor disminuye a medida que aumenta la cantidad de pasilla en la mezcla (Figura 6).

Variable Rendimiento de extracción. En la Tabla 11 se observa que para la molienda gruesa el mayor rendimiento es para las mezclas 1 y 2 que son significativamente diferentes de las demás. En la molienda media se observan 6 grupos diferenciados en los que el menor valor se presenta para las primeras mezclas suceso que puede ser explicado por el hecho que al tostar y moler una pasilla se producen más partículas finas que dado el caso podrían atravesar el filtro utilizado para este sistema de extracción aumentando así su contenido de sólidos y por consiguiente su valor de rendimiento. Para la molienda fina se observan definidos 5 grupos entre los cuales el mayor valor es pre-

**Tabla 8:** Acidez del extracto de café por factor mezcla

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	1,05875a	1,31313a	2,77188c
2	0,90250c	1,21750b	2,87500bc
3	0,94063bc	1,29500ab	2,92313ab
4	0,96000bc	1,31313 <sup>a</sup>	2,91375ab
5	0,80188d	1,12000c	2,99313a
6	0,97438b	1,33312a	2,85563bc
7	1,04125a	1,29188ab	2,91938ab
8	0,77313d	1,08438c	3,01000 <sup>a</sup>

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 9.** Concentración del extracto de café en grados Brix por factor mezcla.

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	1,05875a*	1,77125d	5,8444b
2	0,90250c	1,61250e	5,0163c
3	0,94063bc	1,78500d	6,8906a
4	0,96000bc	2,08000c	4,6806cd
5	0,80188d	2,43250a	4,8950cd
6	0,97438b	2,13500c	3,6600e
7	1,04125a	2,31688b	2,6019f
8	0,77313d	2,26438b	4,5625d

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

sentado por las mezclas 1, 2 y 3 y el menor para la mezcla 8, 100% pasilla (Figura 7).

**Análisis por factor Grado de Tostión.** Se realizó una Prueba de Tukey para las medias de cada variable estudiada por grado de tostión. Los resultados se presentan a continuación tabulados y graficados.

Variable Densidad por Compactación. Se observan en la Tabla 12 diferencias para todos los grados de tostión presentando el valor mayor el grado “Claro” que disminuye con el aumento en la tostión hasta el menor valor en “Muy oscuro” (Figura 8).

Variable Densidad por Caída Libre. Igual que el anterior, se observa en la Tabla 13 que se

**Tabla 10.** Concentración del extracto de café en porcentaje desólidos solubles por factor mezcla

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	1,768500*	1,46006f	4,20075b
2	1,757813a	1,50238de	3,48000c
3	1,580938b	1,43000f	4,59644a
4	1,520813cd	1,51681d	3,16725d
5	1,519375cd	1,73469b	2,94944e
6	1,538375c	1,63506c	2,64563f
7	1,508875d	1,80375a	2,08013g
8	1,507063d	1,65369c	2,73525f

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 11.** Rendimiento de extracción de café por factor mezcla.

Mezcla	Molienda Gruesa	Molienda Media	Molienda Fina
1	20,7119a	19,3664e	28,0050a
2	20,2825a	20,3411d	26,0513b
3	18,4455cd	18,3131f	25,7721bc
4	18,1578d	19,4267e	23,8049d
5	19,0558b	21,9926b	20,7526c
6	18,5461cd	20,8938c	24,7440cd
7	18,6484bc	22,7673a	21,6708e
8	18,6166bcd	20,8813c	16,3713f

**Tabla 12.** Densidad por compactación por factor grado de Tostión.

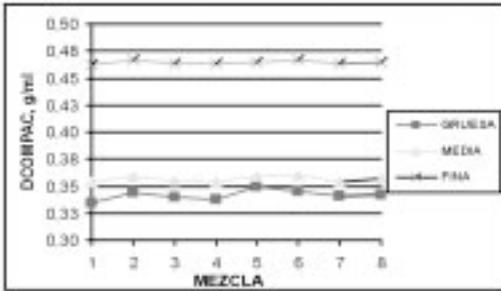
GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Claro	0,430919a*
Medio	0,393951b
Oscuro	0,371818c
Muy oscuro	0,353159d

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

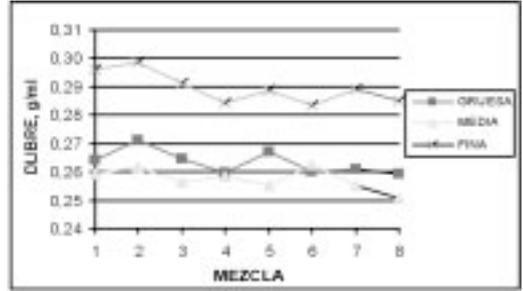
**Tabla 13.** Densidad por caída libre por factor grado de Tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Claro	0,304709a
Medio	0,278804b
Oscuro	0,255843c
Muy oscuro	0,240966d

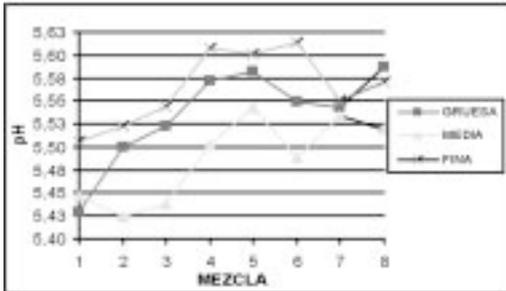
\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%



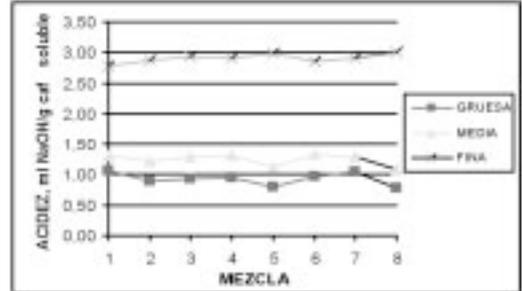
**Figura 1.** Valores medios de densidad por compactación para cada mezcla.



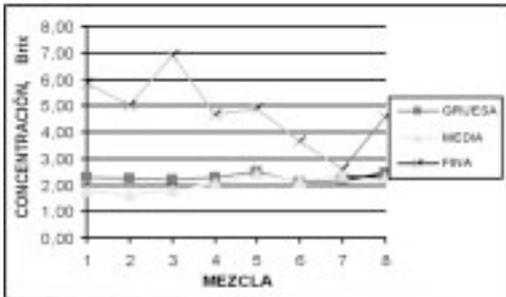
**Figura 2.** Valores medios de densidad por caída libre para cada mezcla.



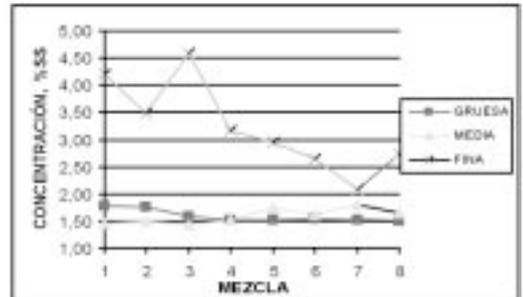
**Figura 4.** Valores medios de acidez del extracto de café para cada mezcla.



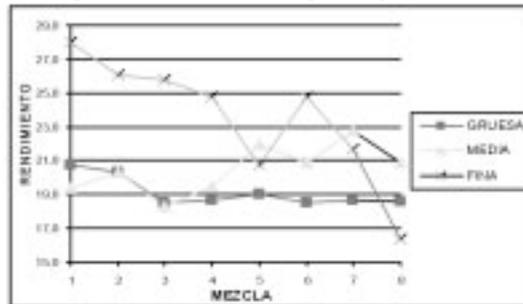
**Figura 5.** Valores medios de concentración del extracto de café en grados Brix para cada mezcla.



**Figura 6.** Valores medios de concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles para cada mezcla.



**Figura 6.** Valores medios de concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles para cada mezcla



**Figura 7.** Valores medios del rendimiento de extracción de café para cada mezcla.

**Tabla 13.** Densidad por caída libre por factor grado de Tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Claro	0,304709a
Medio	0,278804b
Oscuro	0,255843c
Muy oscuro	0,240966d

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 15.** Prueba de Tukey para la acidez del extracto de café por factor grado de Tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Claro	2,19781 <sup>a</sup>
Medio	1,87365 <sup>b</sup>
Oscuro	1,59281 <sup>c</sup>
Muy oscuro	1,11615 <sup>d</sup>

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

presentan diferencias para todos los grados de tostión y el valor mayor se encontró para el grado “Claro” disminuyendo con la tostión hasta el menor valor en “Muy oscuro” (Figura 9).

Variable pH del extracto. Se presentan diferencias para todos los grados de tostión (Tabla 14). El valor más bajo es para el grado “Claro” y aumenta con la tostión hasta el mayor valor en “Muy oscuro” (Figura 10).

Variable Acidez del extracto. Se presentan diferencias entre todos los grados de tostión (Tabla 15). El mayor valor es para el grado “Claro” y decrece hasta menor valor en “Muy oscuro” (Figura 11).

Variable Concentración del extracto en Grados Brix. En la Tabla 16 se observa que ocurren diferencias entre los grupos “Claro y Medio” y “Oscuro y Muy oscuro” presentando estos últimos los valores más altos (Figura 12).

Variable Concentración del extracto en porcentaje de Sólidos Solubles. Se observa en la

**Tabla 14.** pH del extracto de café por factor grado de tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Muy oscuro	5,923854 <sup>a</sup>
Oscuro	5,647292 <sup>b</sup>
Medio	5,368021 <sup>c</sup>
Claro	5,176979 <sup>d</sup>

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

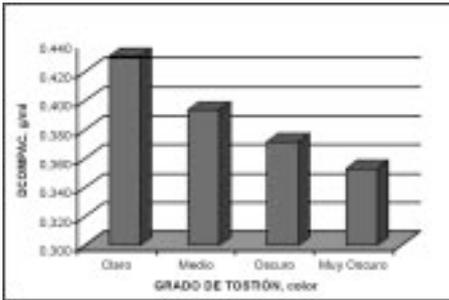
**Tabla 16.** Concentración del extracto de café en grados Brix por factor grado de tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Oscuro	3,2805 <sup>a</sup>
Muy oscuro	3,0749 <sup>ab</sup>
Medio	2,9274 <sup>b</sup>
Claro	2,8504 <sup>b</sup>

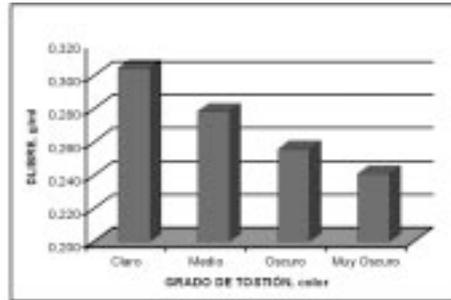
\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

Tabla 17 que al igual que el caso anterior, se presentan diferencias entre los grupos “Claro y Medio” y “Oscuro y Muy oscuro” presentando estos últimos los valores más altos (Figura 13).

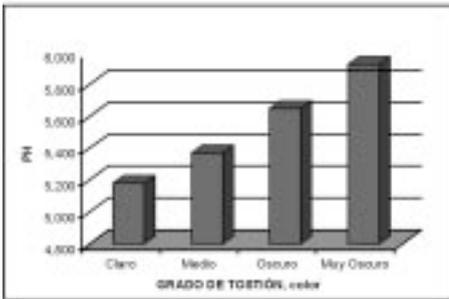
Variable Rendimiento de extracción. En la Tabla 11 se observa que para la molienda gruesa el mayor rendimiento es para las mezclas 1 y 2 que son significativamente diferentes de las demás. En la molienda media se observan 6 grupos diferenciados en los que el menor valor se presenta para las primeras mezclas suceso que puede ser explicado por el hecho que al tostar y moler una pasilla se producen más partículas finas que dado el caso podrían atravesar el filtro utilizado para este sistema de extracción aumentando así su contenido de sólidos y por consiguiente su valor de rendimiento. Para la molienda fina se observan definidos 5 grupos entre los cuales el mayor valor es presentado por las mezclas 1, 2 y 3 y el menor para la mezcla 8, 100% pasilla (Figura 14).



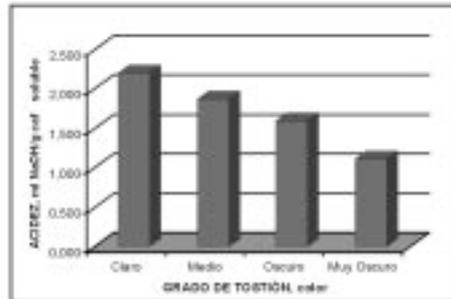
**Figura 8.** Valores medios de densidad por compactación para cada grado de Tostión.



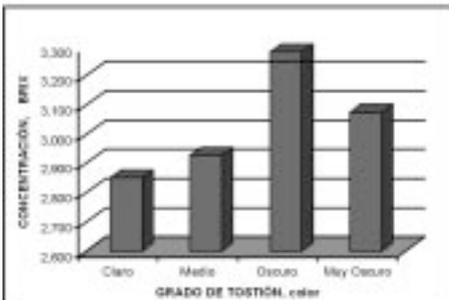
**Figura 9.** Valores medios de densidad por caída libre para cada grado de Tostión.



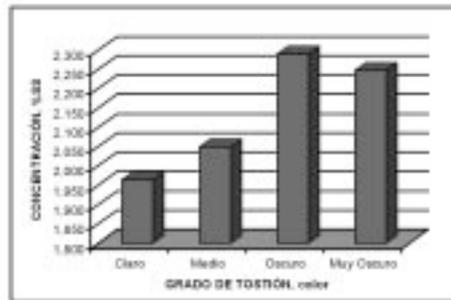
**Figura 10.** Valores medios de pH del extracto de café para cada grado de tostión.



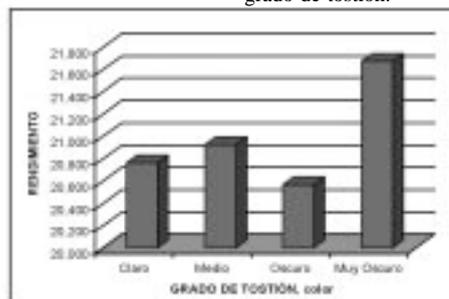
**Figura 11.** Valores medios de acidez del extracto de café para cada grado de tostión.



**Figura 12.** Valores medios de concentración en grados Brix para cada grado de tostión.



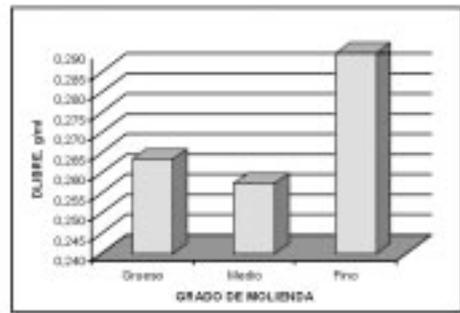
**Figura 13.** Valores medios de concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles para cada grado de tostión.



**Figura 14.** Valores medios de rendimiento de extracción de café para cada grado de tostión.



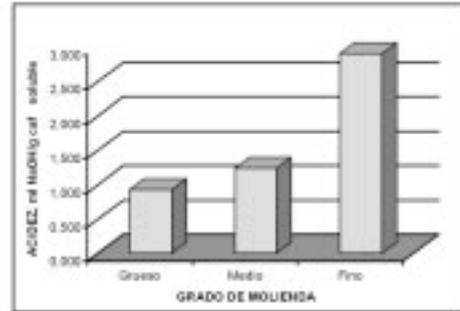
**Figura 15.** Valores medios de densidad por compactación para cada grado de molienda.



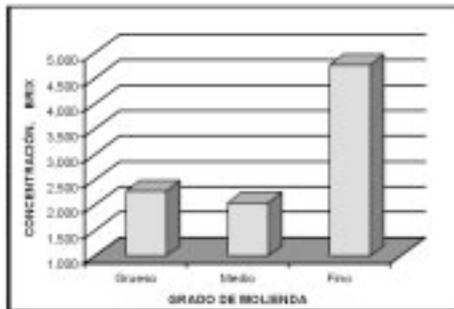
**Figura 16.** Valores medios de densidad por caída libre para cada grado de molienda.



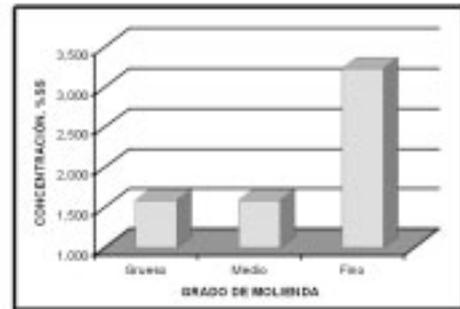
**Figura 17.** Valores medios del pH del extracto de café para cada grado de molienda.



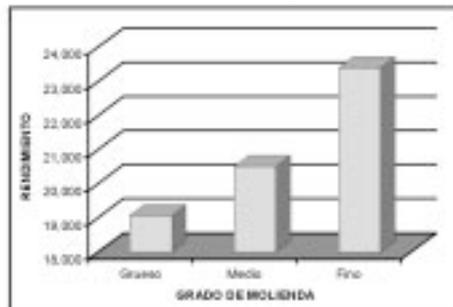
**Figura 18.** Valores medios de acidez del extracto de café para cada grado de molienda.



**Figura 19.** Valores medios de la concentración del extracto de café en grados Brix para cada grado de molienda.



**Figura 20.** Valores medios de concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles para cada grado de molienda.



**Figura 21.** Valores medios de rendimiento de extracción de café para cada grado de molienda.

**Tabla 17.** Concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles por factor grado de tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Oscuro	2,28930*
Muy oscuro	2,24736ab
Medio	2,04797bc
Claro	1,96421c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 19.** Densidad por compactación por factor grado de Molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	0,464237a
Medio	0,356534b
Grueso	0,341614c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 21.** pH del extracto de café por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	5,56461a
Grueso	5,53570b
Medio	5,48680c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 23.** Concentración del extracto de café en grados Brix por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	4,7689a
Grueso	2,2813b
Medio	2,0497c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 18.** Rendimiento de extracción de café por factor grado de tostión.

GRADO DE TOSTIÓN	MEDIA
Muy oscuro	21,6730a
Medio	20,9272ab
Claro	20,7657ab
Oscuro	20,5705b

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 20.** Densidad por caída libre por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	0,289558a
Grueso	0,263334b
Medio	0,257350c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 22.** Acidez del extracto de café por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	2,90773a
Medio	1,24602b
Grueso	0,93156c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 24.** Concentración del extracto de café en porcentaje de sólidos solubles por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	3,23186a
Medio	1,59205b
Grueso	1,58772b

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Tabla 25.** Rendimiento de extracción de café por factor grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	MEDIA
Fino	23,3965a
Medio	20,4978b
Grueso	19,0581c

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística significativa. Tukey al 5%

**Análisis por factor Grado de Molienda.** Se realizó una prueba de Tuckey para las medias de las variables estudiadas por grado de molienda.

Los resultados se encuentran tabulados y graficados a continuación.

Variable Densidad por Compactación. Todos los grados de molienda presentan diferencias significativas (Tabla 19). Su valor aumenta con la disminución en el tamaño de la partícula en donde se aprecia el valor más alto para la molienda Fina (Figura 15).

Variable Densidad por Caída libre. Al igual que la densidad por compactación, se presentan diferencias para todos los grados como se observa en la Tabla 20, y el mayor valor lo tiene el grupo “Fino” (Figura 16).

Variable pH del Extracto. Se presentan diferencias entre todos los grados y el valor más alto corresponde a la molienda “Fina” como se puede observar en la Tabla 21 y la Figura 17.

Variable Acidez del Extracto. Igual que en el pH, se presentan diferencias entre todos los grados y su valor aumenta con la disminución en el tamaño de partícula así, el valor más alto corresponde a la molienda “Fina” como se puede observar en la Tabla 22 y la Figura 18.

Variable Concentración del Extracto en Grados Brix. En la Tabla 23 se observa que se presentan diferencias entre el grado “Fino” y los grados “Medio y Grueso”. Estos últimos no presentan diferencia y son de menor valor que el primero (Figura 19).

Variable Concentración del extracto en porcentaje de Sólidos Solubles. Al igual que para Grados Brix se presentan diferencias entre el grado “Fino” y los grados “Medio y Grueso”. Estos últimos no presentan diferencia y son de

menor valor que el primero (Tabla 24 y Figura 20).

Variable Rendimiento de Extracción. Todos los grados de molienda presentan diferencias (Tabla 25). El mayor valor es para el grado “Fino” y descende con el aumento en el tamaño de partícula hasta el menor valor en “Grueso” (Figura 21).

## LITERATURA CITADA

1. ALMACENES GENERALES DE DEPÓSITO; OFICINA DE CALIDAD DE CAFÉ. BOGOTÁ. COLOMBIA. Densidad en café tostado y molido. Santafé de Bogotá, ALMACAFÉ, 1996.
2. ALMACENES GENERALES DE DEPÓSITO; OFICINA DE CALIDAD DE CAFÉ. BOGOTÁ. COLOMBIA. Relación entre densidad de compactación vs caída libre. Selección del diseño experimental. Santafé de Bogotá, ALMACAFÉ, 1996.
3. CASTELLANOS C., J.; HERNÁNDEZ M., G. Estudio de la influencia de la granulometría sobre el rendimiento y la calidad del extracto de café. Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, 1987. 159 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Análisis del tamaño de partícula (Grado de molienda). Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1996. 9 p. (Norma Técnica Colombiana 2441).
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Determinación del grado de tosti6n. Método infrarrojo. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1988. 4 p. (Norma Técnica Colombiana 2442).
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Grados de tosti6n. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1997. (Norma Técnica Colombiana 3534).
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Caf6 pasilla. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1994. 6 p. (Norma Técnica Colombiana 3633).

8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Método para determinar la densidad por compactación. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1997. 6 p. (Norma Técnica Colombiana 4084).
9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. Instant coffee. Determination of free-flow and compacted bulk densities. Suiza, ISO, 1987. 6p. (Norma ISO 8460).
10. PELÁEZ R., A.; MORENO G., E. Vademecum del tostador colombiano. Santafé de Bogotá, LIQC, 1991. pv.
11. RODRÍGUEZ D., M.S.; SANTOS G., N. Torrefacción y extracción de las mezclas de café. Santafé de Bogotá, Fundación Universidad de América, 1989. 144p. (Tesis: Ingeniero Químico).
12. SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Coffee technology. Westport, AVI, 1979. 716p.
13. VARGAS, R.L. Designación del grado de molienda del café colombiano con fines normativos. Santafé de Bogotá, Corporación Tecnológica de Bogotá en convenio con la Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA. Santafé de Bogotá, 1997. 250p. (Tesis: Químico industrial).