

RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD APARENTE DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO MEDIDA POR COMPACTACIÓN Y CAÍDA LIBRE Y ALGUNAS PROPIEDADES DEL EXTRACTO DE CAFÉ

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

RESUMEN

CUÉLLARS., P.C.; CASTAÑO C., J.J. Relación entre la densidad aparente del café tostado y molido medida por compactación y caída libre y algunas propiedades del extracto de café. Cenicafé 52(3):215-222. 2001.

Se combinaron los factores mezcla, torrefacción y molienda del café tostado y molido con el objeto de hallar la función existente entre la densidad aparente del café tostado y molido medida por el método de compactación y el de caída libre, combinando los diversos factores que influyen en las variables de medida. Para asegurar la igualdad en la materia prima se le midió a cada mezcla el contenido de humedad y la densidad aparente. Además, se realizó un proceso de extracción con un sistema propio para cada molienda. Se estudiaron también las funciones de la relación entre la concentración medida en °Brix y el porcentaje de sólidos solubles y la relación entre el pH y la acidez del extracto. La función entre las concentraciones es lineal y proporcional y los sólidos solubles fueron aproximadamente 0,6 veces los °Brix. Se realizó un análisis por grado de molienda debido a la diferencia que presentó en el comportamiento y se encontró que para la relación entre el pH y la acidez las curvas que dieron mejor ajuste son cuadráticas y para la relación entre las densidades se encontraron funciones proporcionales y lineales así: la densidad por caída libre es menor que la densidad por compactación en aproximadamente 0,87 veces para la molienda gruesa; 0,85 para la media y 0,71 para la fina.

Palabras claves: Café tostado, café molido, mezclas de café, densidad aparente, propiedades del extracto.

ABSTRACT

The objective of this research was to find the function between the bulk densities of roasted and grind coffee measured by the compactness and free flow methods by combining the different factors that influence the measurement variables. Thus, blend as well as roasted and grind coffee humidity factors were combined. In order to guarantee the prime matter balance, humidity and bulk density contents were measured in each mixture. Besides, an extraction process was carried out using a special system for each grind. The functions of the relation between the concentrations measured in Brix degrees and the percentage of soluble solids along with the relation between the extract pH and acidity. The function between these concentrations is lineal and proportional and the soluble solids were approximately 0,6 times greater than Brix degree. An analysis per grind degree was made due to the difference exhibited in the behavior and it was found that for the relation between pH and acidity the curves with the best adjustment are quadratic and for the relation between densities proportional and lineal functions were found as follows: the free-flow bulk density is smaller than the compacted bulk density in approximately 0.87 times for rough, 0.85 times for middle and 0.71 for fine grind.

Keywords: Roast and grind coffee, coffee blend, bulk density, extract property.

* Ingeniera Química. Universidad Nacional de Colombia

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

En el Comité Técnico ICONTEC 312102, sobre Café y sus Productos, y ante la solicitud de la Industria Torrefactora al ICONTEC de elaborar una norma que estandarice los procesos de medida de la densidad aparente del café tostado y molido, se vio la necesidad de hacer una comparación exhaustiva entre los dos métodos principales: compactación y caída libre. De acuerdo con ensayos previos realizados por la Oficina de Calidad de Café de Almacafé (1, 2), en el marco del comité ICONTEC mencionado, existe una relación entre la determinación de la densidad aparente en café tostado y molido por el método de compactación y el método de caída libre. Se espera entonces encontrar y definir una función que correlacione estos métodos a través de la cual se pueda determinar una densidad con base en la otra, predecir con mayor facilidad el volumen necesario de un empaque para un peso previamente definido de café, además de otras aplicaciones como modelamiento de la cavidad de los molinos para café y diferentes estudios sobre almacenamiento (9).

Por lo anterior, se propuso el desarrollo de un trabajo experimental en el cual se combinaran los diversos factores que influyen en las variables de medida para evaluarlos y posteriormente sintetizarlos.

Para café tostado y molido, los valores que pueden encontrarse de estas variables son diversos y variados y están influenciados por (2):

- El tipo de materia prima, y su proporción en la mezcla.
- El grado de torrefacción.
- El grado de molienda.
- El contenido de humedad.

Así, para efectos de buscar y evaluar la función se decidió hacer un estudio en el cual se combinaran los factores mezcla, torrefacción y molienda (3,11), para analizar el grado en que la densidad se ve afectada por estas combinaciones. Para asegurar la igualdad en la materia prima, se midió en cada una de las mezclas la humedad y la densidad aparente. Además, dada la importancia que tiene evaluar el efecto de estas combinaciones sobre algunas propiedades del extracto de café como la concentración, el pH y la acidez, se incluyó un proceso de extracción propio para cada grado de molienda (10,12).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizó una muestra de café 100% Excelso y 7 mezclas de café Consumo y 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, se les denominó así para mayor facilidad en el estudio. La Pasilla se conformó con porcentajes definidos en sus defectos, de acuer-

Tabla 1. Composición de las mezclas de café utilizadas como materia prima.

MEZCLA No.	% 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

do a la norma técnica colombiana (NTC) 3633 (7) en la actualización que se encontraba vigente. En esta norma los defectos se dividen en dos grupos. Para el segundo grupo la norma no especifica los porcentajes por tanto; fueron asumidos en esta investigación (Tabla 2).

Diseño Experimental. Se trabajó con un arreglo factorial $8 \times 4 \times 3$ (8 mezclas de café, 4 grados de tuestión, 3 grados de molienda) con 4 repeticiones por tratamiento. Se tomó como unidad experimental el peso de 200 gramos de café verde.

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, como se presenta en la Tabla 3.

Molienda. Se trabajó con tres grados de molienda y el tamaño de partícula se midió por granulometría de acuerdo a la NTC 2441 (4,12). Para obtener estas moliendas se empleó un molino Probat tipo Kenia. Para producir partículas muy finas se trabajó, además, con un molino La San Marco SM-90.

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 norma ISO 8460 para café instantáneo (9).

Extracción. Se realizó un proceso de extracción diferente para cada grado de molienda así (12): 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 durante 20 minutos.

Tabla 2. Defectos del café 100% Pasilla

DEFECTO	%
Defectos Grupo 1	25
Café negro	10
Café vinagre	12
Café cardenillo	3
Defectos Grupo 2	17
Café decolorado Reposado	3
Café mordido	4
Café picado 2,3	4
Café averanado	3
Café balsudo	3
Total café defectuoso	42
Total grano aprovechable	58

Tabla 3. Definición del grado de tuestión según el rango de color¹

Grado de tuestión	Rango de color NTC 3534	Rango de color trabajado
Claro	270-320	295 ± 10
Medio	220-270	245 ± 10
Oscuro	170-220	195 ± 10
Muy Oscuro	120-170	135 ± 10

¹ Para Colorímetro Quantik IR-800

Tabla 4. Grados de molienda según la NTC y los hallados para la investigación.

Tipo de Molienda	Tamaño de partícula, μm NTC 2441	Tamaño de partícula promedio hallado, μm
Gruesa	700 - 900	751
Media	500 - 700	513
Fina	300 - 500	475

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 San Marco Sprint 95. Para este proceso se pesan 14g de café tostado y molido en el filtro. Este se encaja en el portafiltros 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 la 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 fue medida en un Refractómetro Leica Auto ABBE colocando 1ml de muestra sobre el prisma. El valor se leyó directamente de la pantalla del equipo.

La concentración en sólidos solubles se realizó pesando $10g \pm 0,01$ de extracto en una caja de Petri, la cual se coloca en una estufa a $105^{\circ}C$ 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 halla de acuerdo a la Ecuación <<1>>.

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

El pH se midió con un potenciómetro Mettler-Toledo MP 220 sumergiendo el electrodo en todo el extracto. Su valor se leyó directamente de la pantalla del equipo.

La acidez se midió tomando 10ml de extracto los cuales se diluyen a 150 ml 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 entre la cantidad de café soluble como se muestra en la ecuación << 2 >>.

$\text{Acidez} = \frac{\text{ml de NaOH } 0,01N \text{ gastados}}{(\text{Peso del extracto} \times \text{Sólidos solubles})}$
<< 2 >>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre las densidades. En la Figura 1 se observa cómo la relación general entre las dos densidades presenta un quiebre correspondiente a los datos obtenidos para la molienda fina. Esto se explicó por medio de un análisis de la forma de las partículas del café tostado y molido obtenido por los dos molinos utilizados. Se puede apreciar en las Figuras 2 y 3 que las partículas del molino Probat tipo Kenia son más redondas y no presentan tantos quiebres en su superficie como las partículas del molino La San Marco. Debido a esto, al someter las partículas de café al golpeteo de la densidad por compactación se presenta una mayor aglomeración para las partículas del molino La San Marco, aumentando así el valor correspondiente a su densidad. Por esta razón, se vio la necesidad de realizar un análisis independiente para cada grado de molienda obteniendo así una función para cada uno de ellos.

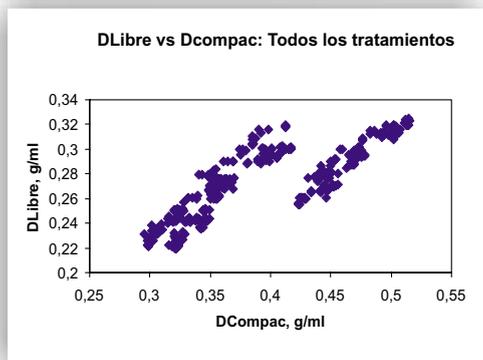


Figura 1. Relación general entre las densidades por compactación y caída libre.

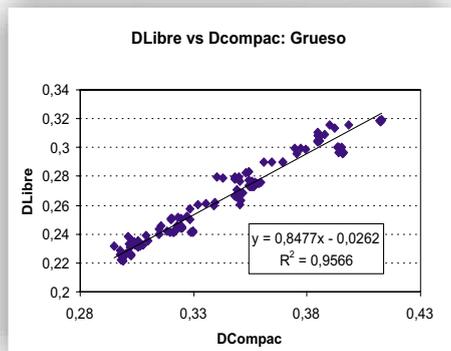


Figura 2. Partículas de café molido en el molino Probat tipo Kenia.

Análisis por moliendas. Se realizó un análisis de varianza para los tres grados de molienda con todas las mezclas y grados de tostiön.

Los resultados de este análisis presentan una significancia menor del 5% (Tabla 5), y debido a la imposibilidad de presentar una función general entre las densidades se tomaron las funciones generales para cada grado de molienda como resultado del estudio comparativo entre la densidad por compactación y la densidad por caída libre.

De este modo las ecuaciones tienen validez en el rango de datos analizados y con base en la Tabla 5, las funciones se expresan así:

- Molienda gruesa, para valores de densidad por compactación entre 0,29-0,41g/ml:

$$\text{Densidad caída libre} = 0,8477 * \text{Densidad compactación} - 0,0262$$

<< 3 >>

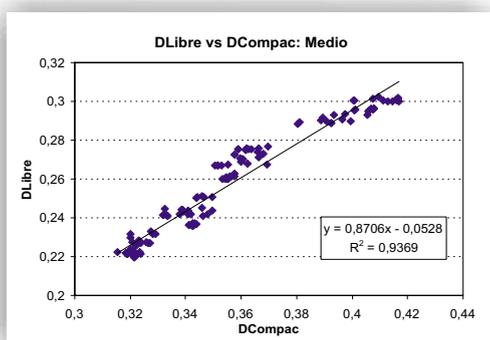


Figura 3. Partículas de café molido en el molino La San Marco

- Molienda media, para valores de densidad por compactación entre 0,30-0,41g/ml:

$$\text{Densidad caída libre} = 0,8706 * \text{Densidad compactación} - 0,0528$$

<< 4 >>

- Molienda fina, para valores de densidad por compactación entre 0,42-0,51g/ml:

Tabla 5. Análisis de varianza para la relación entre las densidades

Mezcla	Grado de molienda	Coefficiente de determinación	Coefficiente de regresión	Término Independiente
Todas	Grueso	0,9566	0,8477	-0,0262
Todas	Medio	0,9369	0,8706	-0,0528
Todas	Fino	0,9005	0,7112	-0,0406

$$\text{Densidad caída libre} = 0,7112 * \text{Densidad compactación} - 0,0406$$

<< 5 >>

Gráficamente el comportamiento de estas funciones se puede observar en las Figuras 4, 5 y 6, donde se aprecia que para todas las moliendas las funciones son proporcionales y la densidad por caída libre es menor que la densidad por compactación.

Relación entre el pH y la acidez del extracto. Dado que las propiedades analizadas para el extracto obtenido de la molienda fina son significativamente mayores que para los otros tratamientos, como se ha observado anterior-

mente, esta relación se analizó en dos grupos: el primero corresponde a la molienda fina y el segundo a las moliendas gruesa y media. En la Figura 7 se puede observar el quiebre que presenta la curva debido a la diferencia de los datos obtenidos y que, independientemente de la molienda utilizada, estas dos variables son inversamente proporcionales.

Las distribuciones obtenidas para los grupos “fino” y “gruesos y medios” son cuadráticas y a pesar de ser una curva más sensible el análisis de varianza indica que ambas funciones tienen significancia menor del 5%, por lo cual fueron aceptadas (Tabla 6).

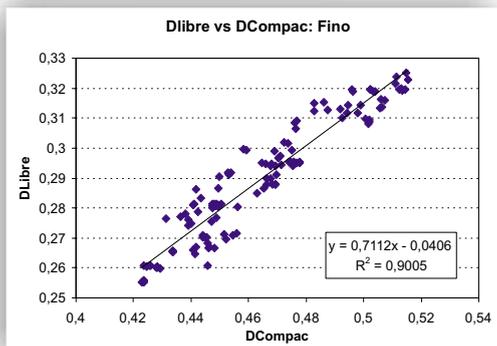


Figura 4. Relación general de densidades para molienda gruesa.

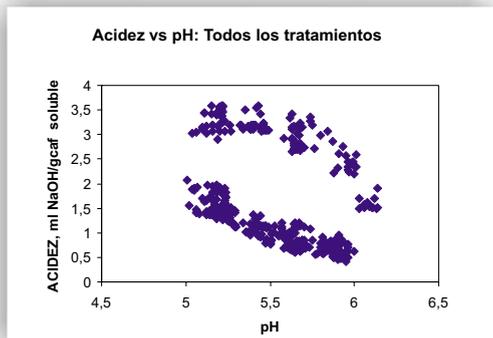


Figura 5. Relación general de densidades para molienda media.

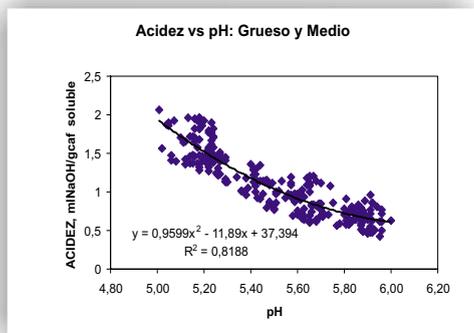


Figura 6. Relación general de densidades para molienda fina.

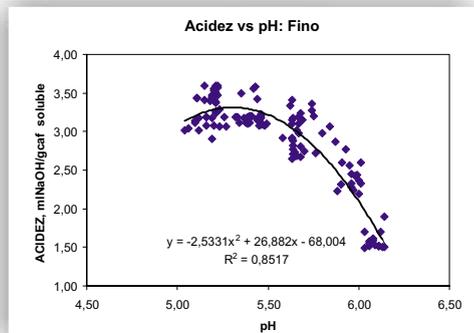


Figura 7. Relación general entre las variables pH y acidez del extracto.

Tabla 6. Análisis de varianza para la relación pH y acidez

Grado de molienda	Coefficiente determinación	Intercepto	X	X ²	Error estándar
Grueso y Medio	0,8188	37,394	-11,890	0,9599	0,1717
Fino	0,8517	-68,004	26,882	-2,533	0,2951

De este modo, las ecuaciones tienen validez en el rango de datos analizados y con base en la Tabla 6, las funciones se expresan así:

- Moliendas gruesa y media, para valores de pH entre 5,0 y 6,0:

$$\text{Acidez} = 0,9599 \cdot \text{pH}^2 - 11,89 \cdot \text{pH} + 37,3948$$

<< 6 >>

- Molienda fina, para valores de pH entre 5,0 y 6,15:

$$\text{Acidez} = -2,5331 \cdot \text{pH}^2 + 26,882 \cdot \text{pH} - 68,004$$

<< 7 >>

Gráficamente, el comportamiento de estas funciones se puede observar en la Figura 8

Relación entre las variables concentración en grados Brix y % de sólidos solubles.

En la Figura 8 se puede observar que esta relación además de proporcional es independiente de la molienda utilizada, puesto que la curva obtenida es altamente lineal y el análisis de varianza indica que tiene significancia menor del 5% por lo cual se acepta (Tabla 7).

De este modo, la ecuación tiene validez en el rango de datos analizados y con base en la Tabla 6, la función se expresa:

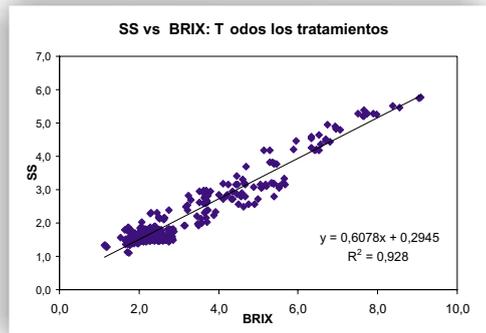


Figura 8. Relación general entre las concentraciones

- Toda molienda, para valores de concentración en sólidos solubles entre 1,1 y 9,1:

$$\text{Concentración en sólidos solubles} = 0,6078 \cdot \text{concentración en Brix} + 0,2945$$

<< 6 >>

Así, con el análisis de estas funciones se pudo observar que el método de caída libre arroja datos más uniformes y sus valores se ven menos afectados por el cambio en la forma de las partículas respecto a los valores presentados para la densidad por compactación. Con la función entre el pH y la acidez se aprecia que estas variables son inversamente proporcionales y sus valores están representados por curvas cuadráticas. En la función entre las concentraciones del extracto se observa que independiente del grado de molienda, la función es proporcional y lineal.

Tabla 7. Análisis de varianza para la relación concentración en Brix y sólidos solubles.

Grado de molienda	Coefficiente determinación	Coefficiente regresión	Intercepto	Error estándar
Todos	0,928	0,2945	0,6078	0,0087

LITERATURA CITADA

1. ALMACAFÉ. OFICINA DE CALIDAD DE CAFÉ. ALMACAFÉ. Densidad en café tostado y molido. Santafé de Bogotá, ALMACAFÉ, 1996.
2. ALMACAFÉ. OFICINA DE CALIDAD DE CAFÉ. ALMACAFÉ. 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 tuestión. Método infrarrojo. Bogotá, ICONTEC, 1988. 4 p. (Norma Técnica Colombiana 2442).
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Grados de tuestión. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1997. (Norma Técnica Colombiana 3534).
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Café 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. 6 p. (Norma ISO 8460).
10. RODRÍGUEZ D., M.S.; SANTOS G., N. Torrefacción y extracción de las mezclas de café. Bogotá, Fundación Universidad de América, 1989. 144 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
11. SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Coffee technology. Westport, AVI, 1979. 716 p.
12. VARGAS, R.L. Designación del grado de molienda del café colombiano con fines normativos. Corporación Tecnológica de Bogotá en convenio con la Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA. Santafé de Bogotá, 1997. 250 p. (Tesis: Químico Industrial).