

“EXPANSIÓN VOLUMÉTRICA DEL CAFÉ TOSTADO DE CALIDAD ESPECIAL”

**GUILLERMO A. VARGAS-ELÍAS¹, OSCAR E. DURÁN-GAMBOA², BRYAN
BADILLA-MENA³; SEBASTIAN ROJAS-BARRANTES⁴, PRISCILLA
HAUG-SALAZAR⁵; YAILYN ABARCA-ALPÍZAR⁶**

¹ D. Sc., Ing. Agrícola. CIGRAS - Universidad de Costa Rica, guillermo.vargaselias@ucr.ac.cr

² Estudiante Ing. Agrícola y Biosistemas, Universidad de Costa Rica,

³ Bach., Estudiante de Agronomía, Universidad de Costa Rica,

⁴ Estudiante Ing. Agrícola y Biosistemas, Universidad de Costa Rica,

⁵ Estudiante de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica.

⁶ Bach. Estudiante de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMEN: La torrefacción es un proceso esencial para la transformación física y química de los granos de café y permite el desarrollo de los aromas y sabores característicos del café. El objetivo de este trabajo fue determinar la expansión de los granos de café en tres niveles de tueste. Se tostaron granos de café en tres condiciones térmicas, en cada condición se usaron 3 muestras de 600 g en un tostador convencional hasta alcanzar una temperatura de 220, 225 y 230 °C. Se analizó la densidad aparente en el café tostado desde 365,9 hasta 431,2 kg m⁻³, donde los granos se expandieron entre un 47 a 63 %. La cinética de la expansión aparente de los granos se ajustó linealmente en los tres niveles de tueste, con coeficiente de determinación de 0,954. La expansión es una característica física indicadora del nivel de tueste en los granos.

PALABRAS CLAVE: Densidad aparente, nivel de tueste, volumen aparente.

KINETICS OF SWELLING IN SPECIALTY COFFEE ROASTED BEANS

ABSTRACT: Roasting is an essential process for the physical and chemical transformation of coffee beans, it allows the development of the characteristic aromas and flavors of coffee. The objective of this work was to determine the expansion of coffee beans in three levels of roasting. Coffee beans were roasted in three temperature conditions, in each condition 3 samples of 600 g were used in a drum roaster until reaching a temperature of 220, 225 and 230 °C. The bulk density in roasted coffee was analyzed from 365.9 to 431.2 kg m⁻³, where the grains expanded between 47 to 63 %. The kinetics of the swelling in coffee beans was adjusted linearly in the three roasting levels, with a coefficient of determination of 0.954. Expansion in roasted coffee is a physical characteristic that indicates the level of roasting in the beans.

KEYWORDS: Bulk density, roasted degree, volumetric expansion.

INTRODUCCIÓN: El tueste es un proceso térmico con temperaturas altas de hasta 385 °C en el tostador (Vargas-Elías, 2011). La torrefacción potencia cambios físicos y químicos en el café crudo, cómo la pérdida de masa, la expansión volumétrica y la disminución de la

densidad aparente (SIVETZ & DESROSIER, 1979). Los granos aumentan su volumen por la mayor porosidad interna debido a la pérdida de agua, la transformación de masa orgánica y la liberación de gases (SCHENKER et al., 2000). La porosidad intergranular se mantiene prácticamente constante 44 % aunque la expansión aparente dependa del nivel de tueste (VARGAS-ELÍAS, 2011). El tipo de tostador afecta la rapidez y forma de expansión en los granos, esta es lineal para el tostador convencional (ABARCA, 2017) y no lineal con aire caliente (ILLY & VIANI, 2005). Los procesos de alta temperatura con corto tiempo (HTST) y baja temperatura con largo tiempo (LTLT) demuestran que la rapidez del calentamiento afecta la expansión del café durante el tueste (SCHENKER et al., 2000). Tostadores del mismo tipo. A presentan diferencia de expansión, pero estas están relacionadas con la rapidez de los dos procesos y no al tostador (DEBONA et al., 2022). La elección del proceso de tueste adecuado es importante para controlar y ajustar los resultados deseados, independientemente del tipo de tostador utilizado. La expansión volumétrica y su relación con el nivel de tueste puede indicar la calidad del café; ya que, se correlaciona el nivel de tueste con la expansión y el tiempo. El café comercial presenta un incremento en la expansión de 14 % y una disminución en la densidad aparente de 42 kg m⁻³ entre niveles de tueste (ABARCA, 2017). El objetivo de este trabajo fue determinar la expansión de los granos de café durante la torrefacción en tres niveles de tueste.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se utilizaron granos de café beneficiados de la zona de los Santos con coordenadas de 9°39'19"N y 83°58'14"W, secados en un proceso lavado. La masa se determinó en una balanza digital de la marca Boeco, modelo BPS 51 plus, con una precisión de ± 0,01g. La densidad aparente se midió en un densímetro de granos OHAUS con capacidad de 1L (Fig.1B), se reportó el promedio de 5 repeticiones.

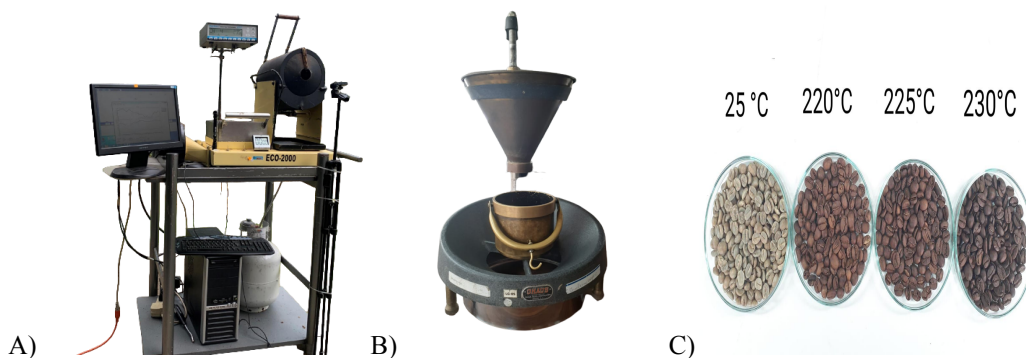


FIGURA 1. Tostador ECO-2000 (A), densímetro OHAUS (B) y tres niveles de tueste (C). Se utilizaron 6 kg de café en 9 sub-muestras de 600 g con densidad de 706,8 ± 1,26 kg m⁻³. Se utilizó un tostador marca BENDIG a 290 °C con cilindro rotativo perforado, modelo ECO-2000 con fuente de gas propano, con capacidad de 2 kg de café crudo, el proceso finalizó cuando la temperatura fue 220, 225 y 230 °C (Fig.1C).

El cálculo de la expansión volumétrica aparente de los granos (E_a) se realizó a partir de la masa y la densidad aparente tanto al inicio como al final del proceso según la Ecuación 1.

$$E_a = 100 * ((m_2/d_2)/(m_1/d_1) - 1) \quad (1)$$

donde,

d_1 - Densidad aparente del café beneficiado (kg m⁻³)

d_2 - Densidad aparente del café tostado (kg m⁻³)

El ajuste de las ecuaciones se realizó en el programa SigmaPlot 15.

Se empleó un código desarrollado en Python (*script*) que comparó las dos ecuaciones para determinar el tiempo en el que el perfil de temperatura comienza a mostrar un comportamiento lineal. Se analizó el ajuste completo y los dos términos lineales del modelo

(BARRANTES et al., 2020). La diferencia entre las dos ecuaciones fue evaluada en el rango de valores de tiempo de 0 a 10 min, y se definió una tolerancia para detectar el punto en que ambas curvas se unen de 0,5 °C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: La torrefacción de los granos produjo la disminución de la densidad aparente en 48 %, se determinó que hay una correlación lineal en la cinética de densidad aparente y en la expansión volumétrica en los granos, como se observa en la Figura 2.

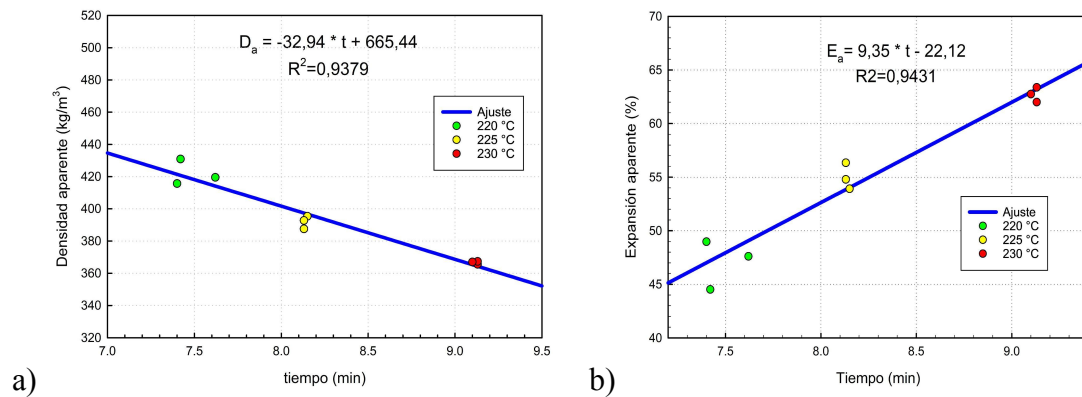


FIGURA 2. Cinética de la densidad aparente y la expansión en los granos de café tostados. La cinética de la expansión de los granos durante el tueste fue linealmente creciente ($r^2=0,9431$), los resultados están de acuerdo con otras investigaciones (ABARCA, 2017).

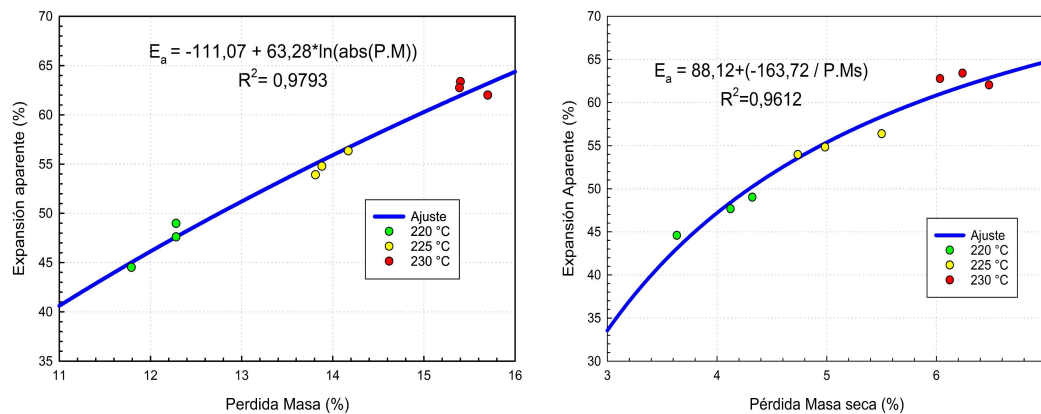


FIGURA 3. Relación entre la expansión y la pérdida de masa seca en los granos de café.

La expansión volumétrica aparente está relacionada con la pérdida de masa, el ajuste logarítmico la representó adecuadamente con un coeficiente de determinación de 98,8 %; además, el ámbito de expansión fue desde 47 hasta 63 %, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Determinación de las propiedades físicas de los granos tostados

T. (°C)	tiempo (min)	Expansión (%)	Contenido humedad (% b.h.)	Δ Masa (%)	Densidad aparente (kg/m ³)	
220	7,48 ± 0,12	47,09 ± 2,28	3,42 ± 0,12	3,16±0,09	12,12 ± 0,29	422,38 ± 6,90
225	8,14 ± 0,01	55,06 ± 1,23	2,47 ± 0,15	2,35±0,23	13,95 ± 0,19	392,25 ± 3,45
230	9,12 ± 0,02	62,73 ± 0,68	1,89 ± 0,14	2,31±0,15	15,49 ± 0,17	367,31 ± 1,73

El ámbito de temperaturas durante el tueste fue de 100 °C. El calentamiento de los granos siguió el mismo perfil de temperatura como se observa en la Figura 4, lo que permitió aplicar un modelo de tres términos que ajustó adecuadamente con coeficiente de determinación de 0,9940 (BARRANTES, 2022).

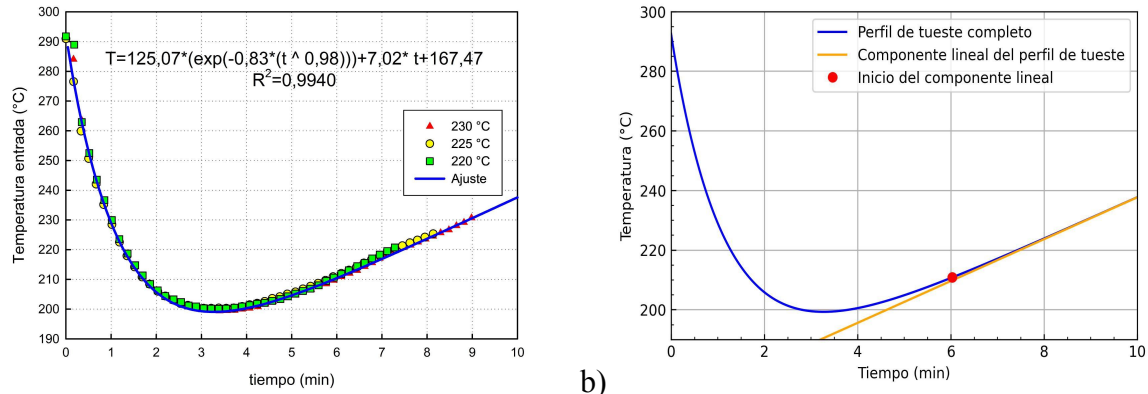


FIGURA 4. Ajuste de la temperatura del proceso (a) y linealidad en tres niveles de tueste (b). El perfil de temperaturas del tostador se ajustó adecuadamente a un modelo de tres términos (BARRANTES, 2022). Se determinó que después de 6 min inició un calentamiento lineal con una tasa de 7,0 °C min⁻¹. Conocer esto facilita la predicción del nivel de tueste en los granos porque permite programar el punto final, ya sea por el tiempo o temperatura del tostador. La extrapolación del modelo hasta una duración de 10 min, permite comparar los resultados con otras investigaciones donde se determinó que después transcurridos el 60 % del tiempo total del proceso, el calentamiento es lineal cuando se usa un mismo lote de granos (ABARCA, 2017).

CONCLUSIONES: Los granos de un mismo lote siguen la misma tendencia de calentamiento cuando la condición inicial del tostador es la misma. La expansión del café tostado está en relación directamente proporcional a la variación de la masa en los granos y al nivel de tueste. El volumen de los granos puede ser calculado a partir del cambio en la densidad aparente y la masa al finalizar la torrefacción.

REFERENCIAS:

- ABARCA M., R. **Estudio del proceso de torrefacción del café (Coffea arabica) en tostador convencional.** Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. 2017. Disponible: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/75352>.
- BARRANTES M., S. **Efecto del tipo de beneficiado en la torrefacción de los granos de café (Coffea arabica).** Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica, 2022. Disponible: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/86824>.
- DEBONA, D. G. et al. Heat and Mass Transfer Kinetics on the Chemical and Sensory Quality of Arabica Coffee Beans. **Agronomy**, v. 12, n. 11, p. 2880, 17 nov. 2022.
- ILLY, A., VIANI, R. **Espresso Coffee: The Science of Quality.** 2ed. Elsevier Academic Press. p. 398, 2005.
- SCHENKER, S.; HANDSCHIN, S.; FREY, B., PERREN, R.; ESCHER, F. Pore Structure of Coffee Beans Affected by Roasting Conditions. **Journal Food Science**, v. 65, n.3, p. 452-457, 2000. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16026.x>.
- VARGAS-ELÍAS, G. A. **Avaliação das propriedades físicas e qualidade do café em diferentes condições de torrefação.** Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola, U.F.V, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2011. Disponible: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3606>