

Avances Técnicos

SEPTIEMBRE 2025

Cenicafé®
Centro Nacional de Investigaciones de Café

Peñuela-Martínez, A. E. | Rojas-Botina, W. F. | López-Grisales S. O.
Tibaduiza-Vianchá, C. | Rendón, C. | Guerrero, A.

580

Utilice el método
GravimetSM2 para
determinar
la humedad del café
en el secado mecánico



Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

La humedad del café pergamino seco (CPS) es el primer aspecto que se evalúa para determinar la calidad física, debido a que, cuando esta se encuentra entre el 10% y el 12% en base húmeda (b.h.), asegura la estabilidad del grano durante las etapas de almacenamiento y transporte. Muestreos realizados a nivel nacional y departamental han identificado que entre el 24,3% y 40,0% de las muestras presentan valores por fuera de este rango, entre 6,9% y 17,1% b.h. (Roa et al 1999; Puerta 2016; Puerta y Pabón 2018; Osorio et al., 2021; Pabón et al., 2021). También se ha identificado una relación de la humedad con el tipo de secado, siendo mayor la proporción de café sobreseco cuando se usa secado mecánico (Puerta 2016). Desde el punto de vista económico, un café con humedad mayor del 12% b.h. conlleva a rechazo en el punto de compra y pérdidas para el caficultor cuando el café está por debajo del 10% b.h. Parte de esta problemática, obedece al alto costo de las tecnologías disponibles que dificultan su adquisición, errores en la determinación y el uso de métodos tradicionales poco confiables como el cambio de color y de dureza del grano o fragilidad del pergamino.

La determinación de la humedad mediante el método gravimétrico se basa en el seguimiento de la pérdida de masa de agua del café pergamino durante el secado, es un método sencillo, económico y accesible, que se basa en la conservación de la materia seca (Jurado et al., 2009). Este método se implementó para el secado solar (Oliveros et al., 2009) y luego se desarrolló para secadores mecánicos de capa estática, conocido como GravimetSM, basándose en masas inicial y final variables, dependiendo de la cantidad de café dentro de la cámara de secado (Oliveros et al., 2013).

No obstante, la adopción del método GravimetSM ha estado limitada debido a la falta de industrialización del dispositivo, lo que ha dificultado su uso en fincas. Además, su construcción artesanal puede afectar el desempeño de la tecnología. Este avance técnico presenta el mejoramiento del método GravimetSM, manteniendo las ventajas que lo fundamentan y permitiendo el acceso de la tecnología a mayor número de caficultores.

Métodos para determinar la humedad en el café

El **método de referencia** para determinar el contenido de humedad en el café se basa en el secado en estufa a 105°C por 16 h (ISO 6673), (Figura 1). Este método es considerado preciso y se realiza en el laboratorio, es destructivo y no determina el contenido de agua en sí mismo, sino la pérdida de masa de agua bajo las condiciones de calentamiento suministradas (Mendonça et al., 2007).

El **método GravimetSM** (Figura 1), se basa en el método de referencia, empleando una muestra de café sano lavado y escurrido, con humedad conocida (53% b.h.) con la que se espera obtener una humedad final del 11% b.h, para lo cual se utiliza una balanza digital de bajo costo y dos cilindros concéntricos fabricados en PVC de cuatro pulgadas de diámetro y 45 cm de longitud máxima, que permiten disponer de una altura de capa de 40 cm. El cilindro con tapas, funciona como receptor de granos (interno), mientras que el cilindro externo abierto en los dos extremos, permite sostener el tubo interno.

Las evaluaciones realizadas mostraron una diferencia absoluta con el método de referencia entre 0,6% y 0,8%, y un error estándar entre 0,11% y 0,15%; además se demostró que el contenido de humedad determinado con el método GravimetSM no es afectado por la altura de la capa (Oliveros et al., 2013). Es importante resaltar que, los mejores resultados se obtienen cuando el método GravimetSM se utiliza en secadores que se operan bajo los criterios técnicos recomendados de temperatura del aire (< 50 °C), caudal del aire (0,1 m³ min⁻¹ kg⁻¹ CPS) e inversión del flujo de aire o capa (cada seis u ocho horas).

Por otro lado, los **determinadores de humedad** (Figura 1) son equipos costosos que utilizan un método indirecto basado en la relación entre la capacitancia eléctrica y el contenido de humedad. Estos utilizan sensores capacitivos que miden la constante dieléctrica del café cuyos valores cambian con la humedad, a mayor contenido de agua, mayor

valor de la constante dieléctrica, es decir, producen un aumento en la capacitancia del sensor (Mendonça et al., 2007). La respuesta de este método se afecta por la densidad aparente y la temperatura de los granos al momento de la medición, presentando bajos valores de humedad cuando la muestra de café conserva la temperatura de secado, generando errores en la determinación. Adicionalmente, es necesario considerar que los equipos comerciales deben ser calibrados periódicamente para garantizar la exactitud de la medida y están diseñados para determinar solamente la humedad al final del secado, lo que impide el seguimiento durante el proceso.

Rediseño y ajustes del dispositivo GravimetSM

Para obtener el dispositivo final, se realizó un proceso de mejoramiento que consistió en la eliminación del doble cilindro, la optimización de las dimensiones, inclusión de área perforada y modelado e impresión con tecnología 3D (Figura 2). Para tener una masa inicial conocida, independiente de la cantidad de café dentro de la cámara de secado, se tomó un volumen inicial de 1,0 L correspondiente a una masa aproximada de café lavado (CL) y escurrido de 700 g, según los valores de densidad aparente de $701,87 \text{ kg m}^{-3}$ (Montilla et al., 2008). Las dimensiones altura y diámetro del dispositivo se definieron a partir del cambio de densidad aparente entre CL y CPS, de modo que el espacio vacío obtenido entre el CPS y la tapa del dispositivo sea mínimo y no genere errores en la determinación de la humedad. El valor óptimo corresponde a un diámetro de 15,7 cm, para un espacio



**Método de referencia
(ISO 6673)**



**Método GravimetSM
(Oliveros et al., 2013)**



**Determinadores de humedad
(Método indirecto)**

Figura 1. Métodos para determinar el contenido de humedad en el café.

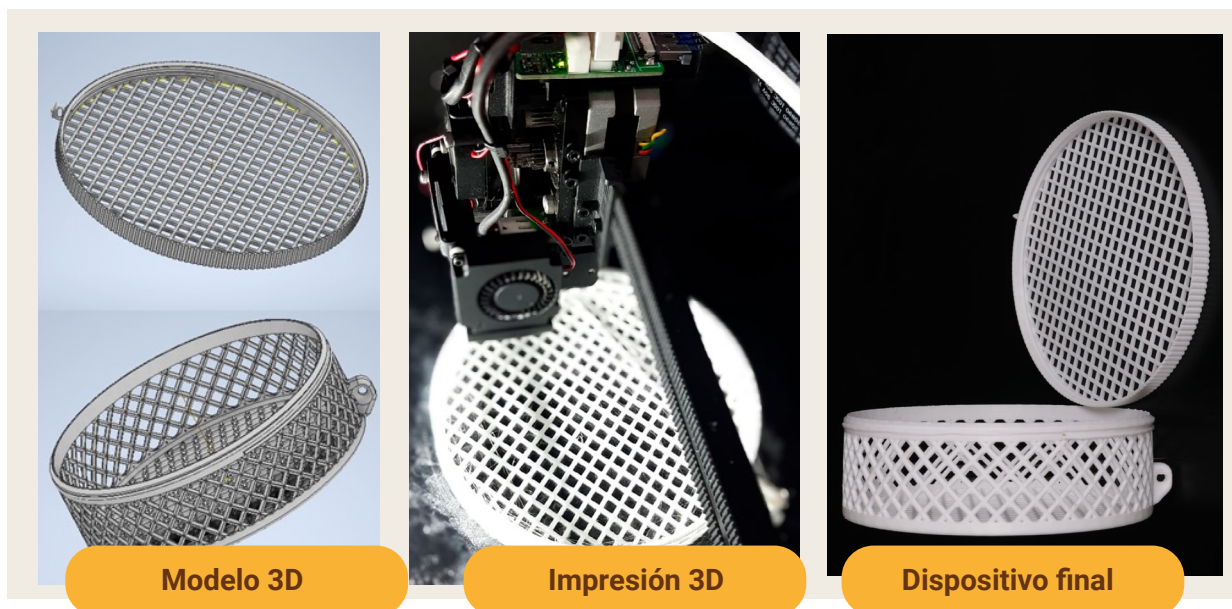


Figura 2. Dispositivo GravimetSM2.



Figura 3. Pasos para utilizar el método GravimetSM2.

vacío de 0,35 cm. El área perforada para evitar perturbaciones del flujo de aire, que alteran las condiciones de secado y afectan la precisión en la determinación fue de 43,5%.

Las evaluaciones realizadas en Cenicafé permitieron identificar la importancia de escurrir el café para que la humedad inicial esté entre 52 %y 53% b.h., de esta forma la muestra de 700 g alcanza el 11% b.h. con

una masa final entre 370 y 375 g, y una diferencia absoluta de 0,5% con el método de referencia. La forma y tamaño del dispositivo GravimetSM2 permite usar varios dispositivos en un mismo lote de secado, para obtener un valor promedio de humedad del lote.

El método GravimetSM2 se realiza, siguiendo los pasos descritos en el diagrama de la Figura 3.



Seleccione una muestra, retire trozos de pulpa, granos afectados por broca, trillados y mordidos.



Llene el dispositivo con 700 g de café lavado, escurrido y seleccionado y asegure la tapa.



Ubique el dispositivo lleno dentro de la masa de café hacia la mitad de la altura de capa.



Registre la masa de café dentro del dispositivo, especialmente cuando esté cerca al final de secado.



Cuando la masa de café dentro del dispositivo esté entre 370 y 375 g, el café está entre el 10% y 12% b.h.

Evaluación en el campo

Este método se evaluó en 19 fincas, localizadas en nueve municipios del departamento del Huila, bajo las condiciones de secado establecidas por los caficultores (Tabla 1). Se utilizó el método GravimetSM2 para obtener el café pergamino seco durante el secado mecánico. En las fincas se registró la humedad del café utilizando el método indirecto (determinador de humedad) y una muestra de cada lote del café fue analizada por el método de referencia (ISO, 2023) en el laboratorio.

Según el método de referencia (ISO, 2023), el 88,9% de las muestras de CPS obtenidas utilizando GravimetSM2 estuvieron en el rango de humedad comercial, y 82,1% de ellas, según el método indirecto (determinador de humedad). Del mismo modo, el 11,1% y 10,3% de las muestras presentaron humedad superior al 12% b.h. para los dos métodos, respectivamente, y solo el determinador de humedad indicó muestras por debajo del 10% b.h. (7,7%). Lo

anterior indica, que la estimación del contenido de humedad del café con el método GravimetSM2 es más cercano al método de referencia, dada la diferencia absoluta (Tabla 2) y que la humedad determinada con el método indirecto puede ser subestimada al clasificar muestras por debajo del rango de humedad.

El método GravimetSM2 es útil para todas las configuraciones de secadores mecánicos de capa estática. También puede ser usado en silos circulares, teniendo la precaución de retirar el dispositivo antes de poner en funcionamiento las aspas para revolver la masa de café. Además, es especialmente útil para secadores de baja capacidad de secado, menos de 20 @ de CPS o en fincas que no tengan acceso a los determinadores de humedad por capacitancia. Para el uso de esta última tecnología, es importante tomar las muestras al final del secado, dejando equilibrar la temperatura del café con el ambiente, por al menos 30 minutos antes de realizar la medición y mantener el equipo calibrado periódicamente.

Tabla 1. Localización de las fincas y condiciones de secado de las evaluaciones con el GravimetSM2, en el departamento del Huila.

Municipio	Altitud de la finca (m)	Capacidad del secador (@ de CPS)	Temperatura de secado (°C)	Altura de la capa (cm)	Tiempo de secado (h)
Acevedo	1.053 - 1.614	160 - 240	40 - 48	35 - 40	18 - 22
El Pital	1.750 - 1.797	80	50	20-40	24-35
Garzón	1.200 - 1.314	160	50	24-50	24 - 30
Gigante	1.400 - 1.530	160	50	22-47	25 - 60
Palermo	1.813	64	50	24 - 24	33
Pitalito	1.420 - 1.550	20 - 120	48-50	16-50	16-26
San Agustín	1.660 - 1.680	20 - 160	48-50	18-50	24-43
Tarqui	1.411	20	50	18	23
Timaná	1.460	240	50	25-48	26-35

Tabla 2. Humedad del café pergamino seco (CPS) obtenido con el secado mecánico determinada mediante el método GravimetSM2, determinador de humedad y método de referencia.

	Humedad final % b.h.		
	GravimetSM2	Método indirecto	Método de referencia
Promedio	11,08	10,72	11,29
Desviación estándar	0,74	0,72	0,72
Error estándar	0,12	0,12	0,12
Diferencia absoluta promedio		0,46±0,39	0,26±0,18

Familias caficultoras

Eviten pérdidas económicas durante el secado mecánico por obtener café fuera del rango de humedad comercial. **El método GravimetSM2** es preciso, asequible y fácil de usar para determinar la humedad del café.

No depende de la altura de la capa de café en la cámara de secado

Pueden usarse varios dispositivos para estimar la humedad promedio del lote

Ayuda a identificar desuniformidad de la humedad del café debido a falta de inversión de capa o insuficiente flujo de aire

Ayuda a identificar problemas en el secado del café debido a deficiencias en el diseño de la cámara plenum*

Permite conocer la masa inicial y final del café

La fabricación en serie permite tener dispositivos iguales para hacer mas fácil la medición de la masa de café

*Cámara que distribuye aire a presión de forma uniforme

Literatura citada

- International Organization for Standardization [ISO]. (2003). *Green coffee - Determination of loss in mass at 105 degrees C.* (ISO Standard No.6673:2003). <https://www.iso.org/standard/38375.html>
- Jurado, J. M., Montoya, E. C., Oliveros, C. E., & García, J. (2009). Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado solar del café. *Revista Cenicafé*, 60(2), 135-147. <http://hdl.handle.net/10778/188>
- Mendonça, J. C. F., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2007). A comparative evaluation of methodologies for water content determination in green coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 40(7), 1300-1303. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.013>
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E.C., Puerta, G. I., Oliveros, C. E., & Cadena, G. (2008). Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. *Avances Técnicos Cenicafé*, 370, 1-8. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/358>
- Oliveros, C. E., Peñuela, A. E., & Jurado, J. M. (2009). Controle la humedad del café en el secado solar utilizando el método gravimet. *Avances Técnicos Cenicafé*, 387, 1-8. <http://hdl.handle.net/10778/385>
- Oliveros-Tascón, C. E., Peñuela-Martínez, A. E., & Pabón, J. P. (2013). GRAVIMET SM Tecnología para medir la humedad del café en el secado en silos. *Avances Técnicos Cenicafé*, 433, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0433>
- Osorio, V., Pabón, J., Calderón, P. A., & Imbachí, L. C. (2021). Calidad física, sensorial y composición química del café cultivado en el departamento del Huila. *Revista Cenicafé*, 72(2), e72201. <https://doi.org/10.38141/10778/72201>
- Pabón, J., Osorio, V., & Imbachí, L. C. (2021). Calidad física, sensorial y composición química del café cultivado en el Oriente del departamento de Caldas. *Revista Cenicafé*, 72(2), e72202. <https://doi.org/10.38141/10778/72202>
- Puerta-Quintero, G. I., & Pabón, J. (2018). Calidad física y sensorial del café cultivado en el paisaje cultural cafetero de Colombia en Caldas. *Revista Cenicafé*, 69(1), 16-31. <http://hdl.handle.net/10778/1089>
- Puerta-Quintero, G. I. (2016). Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. *Revista Cenicafé*, 67(1), 7-40. <http://hdl.handle.net/10778/676>
- Roa, G., Oliveros, C. E., Álvarez, J., Ramírez, C. A., Sanz, J. R., Álvarez, J. R., Dávila, M. T., Zambrano, D. A., Puerta, G. I., & Rodríguez, N. (1999). *Beneficio ecológico del café*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/882>

El proyecto fue financiado con recursos del Sistema General de Regalías del departamento de Huila y ejecutado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia a través del Proyecto "Investigación y Desarrollo para potenciar la producción de cafés de calidad, ajustado a las zonas agroecológicas del departamento de Huila" con el código BPIN2021000100330. Código interno POS103013.

Autores

Aída E. Peñuela Martínez 
Investigador Científico II
<https://orcid.org/0000-0003-4454-9778>

Willy Fernando Rojas Botina 
Asistente de Investigación
<https://orcid.org/0009-0009-7135-6307>

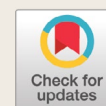
Samuel Osbaldo López Grisales 
Auxiliar de Mecánica
<https://orcid.org/0009-0000-1671-2860>

Carlos Tibaduiza Vianchá 
Asistente de Investigación hasta diciembre de 2023
<https://orcid.org/0000-0002-7053-0942>

Cristian David Rendon Londoño 
Auxiliar de Investigación
<https://orcid.org/0009-0007-7683-684X>

Álvaro Guerrero Aguirre 
Investigador Científico I
<https://orcid.org/0000-0002-4986-4366>

Disciplina de Poscosecha.
Centro Nacional de Investigaciones de Café.
Cenicafé
DOI (Digital Object Identifier)
<https://doi.org/10.38141/10779/0580>



Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Carmenza Bacca Ramírez

Imprenta

Gerencia Técnica
Fondo Nacional del Café

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café



ISSN-0120-0178
ISSN-2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia - Tel. (606) 8500707
www.cenicafe.org



Licencia Creative Commons CC de Atribución - sin derivar - no comercial por la que este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros solo si se muestra en los créditos. No se puede realizar obras derivadas y no se puede obtener ningún beneficio comercial.