

GRAVIMET SM

Tecnología para medir la humedad del café en el secado en silos

Para determinar el momento en el cual el café está en el rango de humedad exigido en la comercialización, 10% al 12% en base húmeda, y definir la finalización del proceso de secado, los operarios encargados de los equipos utilizan métodos subjetivos basados en el color y la dureza de las almendras, los cuales frecuentemente conducen a apreciaciones equivocadas que conllevan al aumento en los costos (mayor gasto de combustible, energía eléctrica y mano de obra) y disminución en la calidad del café (Tabla 1).

Los efectos del contenido de humedad por fuera del rango establecido en la comercialización se reflejan en la calidad, especialmente durante el almacenamiento. En el caso de café con contenido de humedad mayor al 12% hay mayor riesgo de ser contaminado con hongos y, por lo tanto, a la generación de Ochratoxina A-OTA (9), y se asocia con la aparición del defecto terroso en la taza. Así mismo, un alto contenido de humedad favorece las reacciones de oxidación de los lípidos, considerada como una de las principales formas de degradación química del café, con la que se generan sabores indeseables en la bebida relacionados con el defecto reposo (3).





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Carlos E. Oliveros Tascón

Investigador Principal

Aída E. Peñuela Martínez

Investigador Científico I

Jenny P. Pabón Usaqué

Asistente de Investigación

Disciplina de Ingeniería Agrícola

Centro Nacional de Investigaciones

de Café, Cenicafe

Manizales, Caldas, Colombia

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

Archivo Cenicafe

Jenny P. Pabón Usaqué

Carlos E. Oliveros Tascón

Diagramación:

Óscar Jaime Loaiza E.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

<https://doi.org/10.38141/10779/0433>

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. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

En un estudio efectuado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (1) con 623 muestras de café pergamino obtenidas en igual número de fincas, se encontró que el 25% de ellas tenían menos del 10% de humedad y el 13% más del 12%, es decir, el 38% de ellas no presentaba el contenido de humedad final exigido en la comercialización, lo cual ocasiona pérdida en la calidad del café y afecta los ingresos del productor (1).

Para medir la humedad durante el proceso de secado no son apropiados los equipos electrónicos empleados en los sitios de compra del café, ni aquellos utilizados para otros granos, los cuales se basan en la medición de propiedades del grano relacionadas con su humedad (como la constante dieléctrica), ya que miden la humedad en la superficie de los granos, que durante el secado es notoriamente inferior al promedio que alcanzarían luego de 4 a 5 horas de finalizado el proceso (en reposo).

Los medidores directos, basados en destilación, sí permiten medir la humedad durante el secado. Sin embargo, no son adecuados principalmente por el tiempo requerido para medir la humedad (20 a 30 minutos), por ser destructivos y por los altos costos (> US \$1.000).

Para determinar la humedad durante el secado solar se desarrolló el método Gravimet (6), que permite determinar la humedad del café durante el proceso, controlando el peso de una masa de café durante el secado.

Otros equipos se ofrecen para medir la humedad en diferentes productos sin importar su distribución interna, basados en la medición de la resonancia de moléculas de agua en un campo con microondas (10). Se pueden utilizar en un amplio rango de humedad y presentan errores pequeños. Sin embargo, por su elevado costo no son apropiados para café, aun en secadores de gran capacidad.

Adicional a las limitaciones mencionadas para el uso de equipos para medir la humedad del café durante el proceso de secado, se debe tener en cuenta que en los secadores se presenta desuniformidad en la humedad de los granos, la cual se incrementa cuando están por debajo de la temperatura y el caudal específico de aire de secado, $50 \pm 2^\circ\text{C}$ y $100 \pm 10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ de café pergamino seco (c.p.s.), respectivamente, ni los tiempos para invertir la dirección del flujo del aire (con compuertas) o para voltear la capa (7, 8).

Tabla 1. Pérdidas por secado del café por debajo del 10% de humedad.

Humedad (%)	Pérdidas por cada 1.000 kg de café lavado
	Kilogramos de café pergamino seco
10,0	5,9
9,5	8,8
9,0	11,6
8,5	14,4
8,0	17,5

Método Gravimet SM

El método Gravimet SM (4) se basa en la conservación de la materia seca durante el proceso de secado, es decir, se asume que se retira fundamentalmente agua. Para su aplicación se requiere de:

- Dos cilindros concéntricos (Figuras 1a y 1b), fabricados en PVC sanitaria, cada uno de 10,16 cm (4") de diámetro y 45 cm de longitud máxima, para una altura máxima de la capa de café de 40 cm. También se pueden fabricar de menor longitud, para ajustarlos a secadores con menor altura de capa. El cilindro interno, denominado *receptor de granos*, presenta en su base una malla, similar a la utilizada en el piso del secador, para evitar la pérdida de café y simultáneamente permitir el paso del aire con pérdidas de presión similares a las que se presentan en el resto de la capa de café. El cilindro externo (*porta receptor*), abierto en los dos extremos, permite sostener el tubo receptor de granos en la capa de café.
- Una balanza digital (Figura 1c), con rango de 0 a 5 kg y resolución de 1g, de relativo bajo costo (<\$ 50.000), para pesar el café contenido en el receptor de granos.
- Un procedimiento (Figura 2), con información detallada para la aplicación del método y una tabla en la cual se indica el peso que debe alcanzar el café contenido en el receptor de granos cuando su contenido de humedad promedio sea de 11,0%,

teniendo en cuenta que el secador se puede operar con diferentes alturas de capa (Tabla 2). La humedad inicial del café sano, limpio y escurrido durante al menos 30 minutos, colocado en el receptor de granos se asume igual a 53% (base húmeda) (4).

Evaluación del método Gravimet-SM

En Cenicafé. En la evaluación se consideraron cuatro alturas de capa de granos (10, 20, 30 y 40 cm) con 15 ensayos en cada una. La diferencia entre los contenidos de humedad obtenidos con el método Gravimet SM y la estufa (error absoluto) varió entre 0,6% y 0,8%, con error estándar de 0,11% a 0,15%. El análisis de varianza (Anava) mostró que estos valores no son afectados por la altura de la capa y que las humedades del café obtenidas con el método Gravimet –SM y con el método estándar de la estufa (ISO 6673) son estadísticamente iguales. En 56 de los 60 ensayos realizados (93,3%) el café presentó humedad final en el rango de 10% a 12% (4).

El método Gravimet SM se utilizó en Cenicafé para medir la humedad durante el proceso de secado de semilla en un silo secador tipo Cenicafé, con capacidad estática para 2.000 kg de c.p.s., de dos cámaras, con inversión de la dirección del flujo de aire en cada una. La temperatura del aire de secado fue de $38 \pm 2^\circ\text{C}$. El café utilizado con el método Gravimet SM se dispuso en el tubo receptor construido en tubería de PVC (sanitaria), como se indica en la Figura 1a, de 10,16 cm (4") de diámetro y 45 cm de longitud. El tubo porta receptor se fijó a la malla del silo, en posición vertical. El café



Figura 1. Componentes del método Gravimet-SM. **a.** Cilindro externo o porta receptor y cilindro interno receptor de granos; **b.** Cilindros en posición de trabajo; **c.** Balanza digital.



1

Fije el porta-receptor sobre la malla del silo.



2

Cargue el silo con café escurrido (por lo menos de 30 a 45 minutos) y mida la altura de la capa de granos.



3

Seleccione una cantidad de café escurrido (dependiendo de la altura de la capa) dejando únicamente granos sanos, sin pulpa y frutos sin despulpar.



4

Descargue el café seleccionado en el receptor de granos, hasta lograr una altura igual a la de la capa a secar.



5

Pese el café contenido en el receptor (peso inicial) y registre el valor en el formato.



6

Coloque el receptor de granos en el cilindro porta-receptor.



7

Consulte en la Tabla de Humedad, el peso que deberá alcanzar el café contenido en el receptor para que su humedad esté entre el 10% y el 12%.



8

Inicie el proceso de secado, registre la fecha y hora de inicio. Después de 15 horas, pese nuevamente el café contenido en el receptor de granos.

9

Compare el valor de peso observado con el esperado. Si la diferencia entre estos dos valores está entre 40 y 50 g, el proceso de secado está cerca de su finalización; pese el café cada 15 min. hasta observar una diferencia máxima de 15 g entre el peso del café en el receptor y el de la tabla. Si la diferencia es superior a 50 g pese cada 30 min. hasta alcanzar este valor y repita el procedimiento mencionado anteriormente.

Figura 2. Procedimiento a seguir para utilizar el método Gravimet-SM.

Tabla 2. Peso inicial y final del café en el receptor (en gramos), para alcanzar humedad del 11% (base húmeda).

Inicial	Final												
500	264	810	428	1.120	591	1.430	755	1.740	919	2.050	1.083	2.360	1.246
505	267	820	433	1.130	597	1.440	760	1.750	924	2.060	1.088	2.370	1.252
510	269	830	438	1.140	602	1.450	766	1.760	929	2.070	1.093	2.380	1.257
520	275	840	444	1.150	607	1.460	771	1.770	935	2.080	1.098	2.390	1.262
530	280	850	449	1.160	613	1.470	776	1.780	940	2.090	1.104	2.400	1.267
540	285	860	454	1.170	618	1.480	782	1.790	945	2.100	1.109	2.410	1.273
550	290	870	459	1.180	623	1.490	787	1.800	951	2.110	1.114	2.420	1.278
560	296	880	465	1.190	628	1.500	792	1.810	956	2.120	1.120	2.430	1.283
570	301	890	470	1.200	634	1.510	797	1.820	961	2.130	1.125	2.440	1.289
580	306	900	475	1.210	639	1.520	803	1.830	966	2.140	1.130	2.450	1.294
590	312	910	481	1.220	644	1.530	808	1.840	972	2.150	1.135	2.460	1.299
600	317	920	486	1.230	650	1.540	813	1.850	977	2.160	1.141	2.470	1.304
610	322	930	491	1.240	655	1.550	819	1.860	982	2.170	1.146	2.480	1.310
620	327	940	496	1.250	660	1.560	824	1.870	988	2.180	1.151	2.490	1.315
630	333	950	502	1.260	665	1.570	829	1.880	993	2.190	1.157	2.500	1.320
640	338	960	507	1.270	671	1.580	834	1.890	998	2.200	1.162	2.510	1.326
650	343	970	512	1.280	676	1.590	840	1.900	1.003	2.210	1.167	2.520	1.331
660	349	980	518	1.290	681	1.600	845	1.910	1.009	2.220	1.172	2.530	1.336
670	354	990	523	1.300	687	1.610	850	1.920	1.014	2.230	1.178	2.540	1.341
680	359	1.000	528	1.310	692	1.620	856	1.930	1.019	2.240	1.183	2.550	1.347
690	364	1.010	533	1.320	697	1.630	861	1.940	1.024	2.250	1.188	2.560	1.352
700	370	1.020	539	1.330	702	1.640	866	1.950	1.030	2.260	1.193	2.570	1.357
710	375	1.030	544	1.340	708	1.650	871	1.960	1.035	2.270	1.199	2.580	1.362
720	380	1.040	549	1.350	713	1.660	877	1.970	1.040	2.280	1.204	2.590	1.368
730	386	1.050	554	1.360	718	1.670	882	1.980	1.046	2.290	1.209	2.600	1.373
740	391	1.060	560	1.370	723	1.680	887	1.990	1.051	2.300	1.215	2.610	1.378
750	396	1.070	565	1.380	729	1.690	892	2.000	1.056	2.310	1.220	2.620	1.384
760	401	1.080	570	1.390	734	1.700	898	2.010	1.061	2.320	1.225	2.630	1.389
780	412	1.090	576	1.400	739	1.710	903	2.020	1.067	2.330	1.230	2.640	1.394
790	417	1.100	581	1.410	745	1.720	908	2.030	1.072	2.340	1.236	2.650	1.399
800	422	1.110	586	1.420	750	1.730	914	2.040	1.077	2.350	1.241	2.660	1.405

dispuesto en el cilindro interior estaba limpio y no contenía granos vanos, pulpa ni frutos sin despulpar. Las alturas iniciales de la capa del café en la cámara de secado y en el receptor fueron iguales.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de nueve ensayos realizados, con altura de capa de granos de 30 a 42 cm. La humedad del café al final del proceso, medida con el método de la estufa fue de 11%, valor final esperado al aplicar el método Gravimet SM, para los nueve ensayos, variando de 10% a 12,6%. En siete ensayos (77,8%) la humedad final varió entre 10% y 12%. La diferencia absoluta promedio de contenido de humedad para los nueve ensayos realizados fue de 0,9%, en seis de los ensayos (66,7%) fue inferior a 1%. Los mayores valores se pueden

atribuir a la mayor desuniformidad de la humedad final del café que se presenta en el secado en silo en capa estática, con altura de 40 cm o más alta.

En fincas de caficultores. Para la evaluación del método en fincas de caficultores se contó con el apoyo del Servicio de Extensión de los Comités de Antioquia, Caldas y Risaralda (5). En cada departamento se empleó la siguiente metodología: se invitó a los caficultores que tuvieran secador mecánico en sus fincas y lo utilizaran actualmente. Se presentó el método, los componentes, el procedimiento recomendado para utilizarlo y los resultados obtenidos en Cenicafé. También se comentó sobre los errores que se presentan en la determinación de la finalización del proceso de secado cuando se utilizan métodos subjetivos basados en el

color y la dureza de las almendras.

Con los caficultores interesados en participar en la etapa de evaluación, se acordó visitar las fincas, para obtener mayor información, especialmente sobre la infraestructura disponible para el beneficio y secado. Se capacitó al operario encargado del secador en el manejo del método Gravimet SM, se entregaron los elementos para su aplicación (Figura 1), un instructivo con explicación detallada, paso a paso, para la correcta aplicación del método (Figura 2) y una tabla con información sobre el peso al que debía llegar el café contenido en el cilindro cuando el promedio de la humedad de la capa de café alcanzara el 11,0% (Tabla 2).

Al café secado en cada equipo, después de mínimo 4 horas de la

Tabla 3. Valores de humedad de café secado en silo, con temperatura de aire de secado de 38 a 40°C, utilizando el método Gravimet-SM para determinar el final del proceso.

Ensayo	Altura capa (cm)	Humedad de capa de café (%)		Diferencia absoluta (%)
		Gravimet SM	Estufa	
1	42	10,4	12,6	2,2
2	34	11,0	11,3	0,3
3	40	10,3	12,5	2,2
4	40	10,6	10,2	0,4
5	35	9,7	10,0	0,3
6	30	9,5	10,3	0,8
7	32	10,8	11,3	0,5
8	40	8,8	10,0	1,2
9	30	10,8	11,0	0,2
Promedio		10,2	11,0	0,9
C.V.		7,2	9,1	88,7

finalización del proceso, se le determinó el contenido de humedad utilizando un medidor de tipo dieléctrico marca Kett, referencia PM-410 Tipo 4021. Adicionalmente, se les solicitó a los caficultores que registraran la humedad en el sitio de venta del lote secado, utilizando la tecnología Gravimet SM.

Resultados. Los secadores utilizados en la validación de la tecnología Gravimet SM se pueden clasificar en dos grupos: 1) De capa estática, con inversión del flujo de aire, utilizando compuertas, y 2) Con inversión de la capa, generalmente de tres cámaras de secado dispuestas verticalmente, en los cuales se pasa el café de una cámara a otra, invirtiendo la capa en este proceso. Los equipos de menor capacidad, en general, pertenecen al segundo grupo. Los secadores presentaron secciones cuadrada y rectangular, con dimensiones desde 0,45 x 0,65 m hasta 4,0 x 4,8 m y capacidades desde 7,5 @ de c.p.s. (93,75 kg de c.p.s.) hasta 400 @ de c.p.s. (5.000 kg de c.p.s.).

Las alturas iniciales de capa de café variaron desde 5 cm hasta 42 cm. En la Figura 3 se presentan imágenes de los equipos más utilizados.

Para calentar el aire de secado se utilizaron, diferentes combustibles entre ellos: coque y gas propano, con combustión directa (los gases de combustión se mezclan con el aire de secado); carbón mineral granulado y cisco de café, con intercambiador de calor. Con algunos equipos, principalmente con la hornilla para quemar coque, no se logró mantener la temperatura del aire de secado a la entrada de la capa de café en el rango recomendado por Cenicafé ($50 \pm 2^\circ\text{C}$) (Figura 4), lo cual aumenta los gradientes de humedad en la capa de granos, dificultando el empleo de dispositivos para medir la humedad del café, incluido el Gravimet SM. Similar situación se presenta cuando el ventilador no entrega el caudal específico de aire recomendado por Cenicafé para el secado del café ($100 \pm 10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ de c.p.s.), que ocurre con frecuencia debido a que gran parte de éstos son fabricados sin atender las especificaciones técnicas que aseguren su funcionamiento adecuado, especialmente cuando el secador es operado a su máxima capacidad.

En el departamento de Antioquia se secaron cuatro lotes de café, utilizando equipos de tres cámaras, con volteo de capa de granos, con capacidad para 1.250 kg de c.p.s. (100 @ c.p.s.) y altura de capa de 14 a 28 cm. El contenido de humedad promedio fue de 11,3%, mínimo 10,7% y máximo 11,8%. El 100% de los lotes de café presentaron contenido de humedad en el rango del 10% al 12%.

En el departamento de Caldas se secaron 47 lotes de café, con una altura inicial de capa de café de 5 a 40 cm, un promedio de 21,7 cm. El contenido de humedad promedio fue de 11,4%, mínimo 9,5% y máximo 13,5%,



Figura 3. Equipos para secado de café frecuentemente utilizados en la validación de la tecnología Gravimet SM.



Figura 4. a. Equipo empleado para calentar el aire en secadores de café, utilizando coque como combustible. b. temperatura del aire de secado.

los límites inferiores y superiores para el promedio al 95% fueron 11,2% y 11,6%, respectivamente. El 86,7% de los lotes de café presentaron contenido de humedad en el rango del 10% al 12%.

En el departamento de Risaralda se secaron 24 lotes de café, con altura inicial de capa de granos de 17 a 42 cm. El contenido de humedad promedio fue de 11,2%, mínimo 9,9% y máximo 12,0% y los límites inferiores y superiores para el promedio al 95% fueron 10,9% y 11,5%, respectivamente. El 95,8% de los lotes de café presentaron contenido de humedad entre el 10% y el 12%.

Aunque se le indicó a cada operario de los secadores el peso que debía tener el café contenido en el receptor de granos cuando su promedio de humedad fuera del 11,0% (Tabla 3) se presentaron diferencias (Tabla 4), principalmente por las siguientes razones:

- Por la dificultad para monitorear el peso del café en el receptor de granos hasta alcanzar el valor deseado, con intervalos de tiempo muy cortos (cada 15 min.). En la etapa final del secado si el café en el receptor se pesa cada 30 min. o más se puede presentar pérdida excesiva de humedad y la obtención de café con humedad cercana al 10% o menos.

Tabla 4. Diferencias relativas entre el peso del café en el receptor cuando esté al 11% según el método Gravimet SM y el obtenido por el operario.

Departamento	Promedio	Mínimo al 95%	Máximo al 95%	D.E.
Antioquia	1,08	1,08	3,23	1,36
Caldas	5,36	4,00	6,72	4,62
Risaralda	3,54	2,21	4,88	3,15

D.E.: Desviación estándar

- Por la desconfianza inicial del operario cuando al tomar una muestra y trillarla observa que el café presenta coloración diferente (más oscura) a la que está acostumbrado a notar cuando finaliza el proceso de secado (almendras de color más claro), característica de granos con humedad inferior al 10%.

- Por la presencia de granos “flojos” en muestras tomadas en diferentes partes de la masa de café, por insuficiencia en el caudal y presión estática del aire de secado. Esta situación se presenta con frecuencia, especialmente cuando los equipos son utilizados con más carga. También se puede presentar esta situación al cambiar la hornilla de coque por un intercambiador de calor para cisco o carbón mineral, por la mayor resistencia que éste podría ofrecer al paso del aire, la cual puede superar la de la capa de granos (2).

- Por mezclas de café de diferentes días de beneficio, algunos con presecado en secadores solares, situación que se presenta con frecuencia en días de menor flujo de cosecha.

Recomendaciones

Aunque los usuarios del método Gravimet SM en la etapa de validación en fincas consideraron que es de fácil aplicación y confiable, se recomienda acompañar al usuario al inicio, para lograr que lo utilice correctamente. También se recomienda que emplee el método tradicional y observe el color de las almendras, que podría ser ligeramente más oscuro al que está acostumbrado, porque generalmente seca el café a valores cercanos e inclusive inferiores al 10%. Después de 4 horas de finalizado el secado del café puede medir la humedad en el sitio de compra para verificar si el lote tiene humedad entre el 10% y el 12%.

Los mejores resultados con la aplicación del método Gravimet SM se obtienen en equipos operados con caudal específico y temperatura de aire de secado de $100 \pm 10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ de c.p.s. y $50 \pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente, siguiendo el procedimiento presentado en la Tabla 2 y aplicando buenas prácticas en todo el proceso de beneficio (9). No se deben llevar a una misma cámara de secado lotes de café con diferentes contenidos de humedad, ni utilizar capas de granos de mayor altura a las recomendadas por los fabricantes de los equipos.

Una de las prácticas realizadas por los caficultores es combinar el secado solar con el secado mecánico, especialmente en días de menor flujo de cosecha.

Ventajas al utilizar Gravimet SM

Con el método Gravimet SM se facilita el manejo de los secadores utilizados para café en Colombia. El usuario aprende a conocer mejor los equipos, la dinámica del proceso bajo diferentes condiciones de carga, y definir estrategias para obtener café seco con mayor uniformidad de humedad, con mejor aprovechamiento de la infraestructura existente en la finca. Los mejores resultados se obtienen con equipos bien diseñados y operados, con aplicación de buenas prácticas en todo el proceso de recolección y beneficio húmedo.

Con el método Gravimet – SM puede conocer mejor el secador y aprovecharlo más eficientemente, para obtener café de buena calidad, con menores costos de energía y mano de obra.

Agradecimientos

Al señor José Farid López, Auxiliar de Investigación, por el acompañamiento en las pruebas de campo. A los caficultores, operarios de los silos y técnicos del Servicio de Extensión de los departamentos de Caldas, Risaralda y Antioquia, al Ing. Leonardo Castro de la Cooperativa de Caficultores de Manizales en el punto de compra Neira, por el apoyo y participación en las evaluaciones de campo.

1. FEDERACAFÉ. Análisis de la encuesta sobre beneficio y calidades de café. Chinchiná: CENICAFÉ, 1984. 160 p.
2. GUTIÉRREZ F., J. M.; SANZ U., J. R.; OLIVEROS T., C. E.; OROZCO H., C. A. Ventiladores para secadores de café; diagnóstico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos. Chinchiná : CENICAFÉ, 2012. 56 p.
3. MÜLLER V., H. Composicao lipídica e a qualidade do café (*Coffea arabica* L.) durante armazenamento. Viçosa (Minas Gerais, Brasil). Universidade Federal de Viçosa. 2001. 92 p. Tesis: Magister en Agroquímica.
4. OLIVEROS T., C.E.; LÓPEZ V. L.; BUITRAGO B., C.M.; MORENO C., E.L. Determinación del contenido de humedad del café en tiempo real durante el secado en silos. Cenicafé 61(2): 108-118. 2010.
5. OLIVEROS T., C.E.; PABÓN U., J.P. Validación en fincas de una metodología para la medición de la humedad del café durante el secado mecánico Gravimet SM. Informe Final. Chinchiná: CENICAFÉ, 2013. 27p.
6. OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; JURADO C., J.M. Controle la humedad del café en el secado solar utilizando el método Gravimet. Chinchiná: CENICAFÉ, 2009. 8p. (Avances Técnicos Cenicafé N° 387).
7. PARRA C., A; ROA M., G.: OLIVEROS T., C.E. SECAFÉ Parte I: Modelamiento y simulación matemática en el secado mecánico del café. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 12 (4): 415-427. 2008.
8. PARRA C., A; ROA M., G.: OLIVEROS T., C.E. SECAFÉ Parte II: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 12 (4):428-434. 2008.
9. PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná: CENICAFÉ, 2009. 12 p. (Avances Técnicos Cenicafé N° 349).
10. TEWS M. Innovative Microwave Resonance Technology: Process and Laboratory Moisture Measuring. Tews Elektronik. [En línea]. Disponible en internet: http://www.tews-elektronik.com/fileadmin/user_upload/PDF_GB_2010/TEWS_GB_1005.pdf. Consultado el 17 de diciembre de 2012.

