



LA HUMEDAD CONTROLADA DEL GRANO PRESERVA LA CALIDAD DEL CAFÉ

Gloria Inés Puerta Quintero*

El contenido de agua en los alimentos y los granos es uno de los criterios más importantes para la conservación de su calidad y su comercialización. Los alimentos en su estado natural están compuestos por materia seca y **agua en cantidades específicas**; por ejemplo, las carnes contienen del 43 al 70% de agua, los huevos el 74%, la

leche del 86 al 90%, las frutas del 50 al 95% y las leguminosas del 58 al 77%.

La humedad de un producto se expresa en forma porcentual en base húmeda (*bh*) o en base seca (*bs*), como la cantidad de agua contenida en el producto húmedo o seco respectivamente, así:

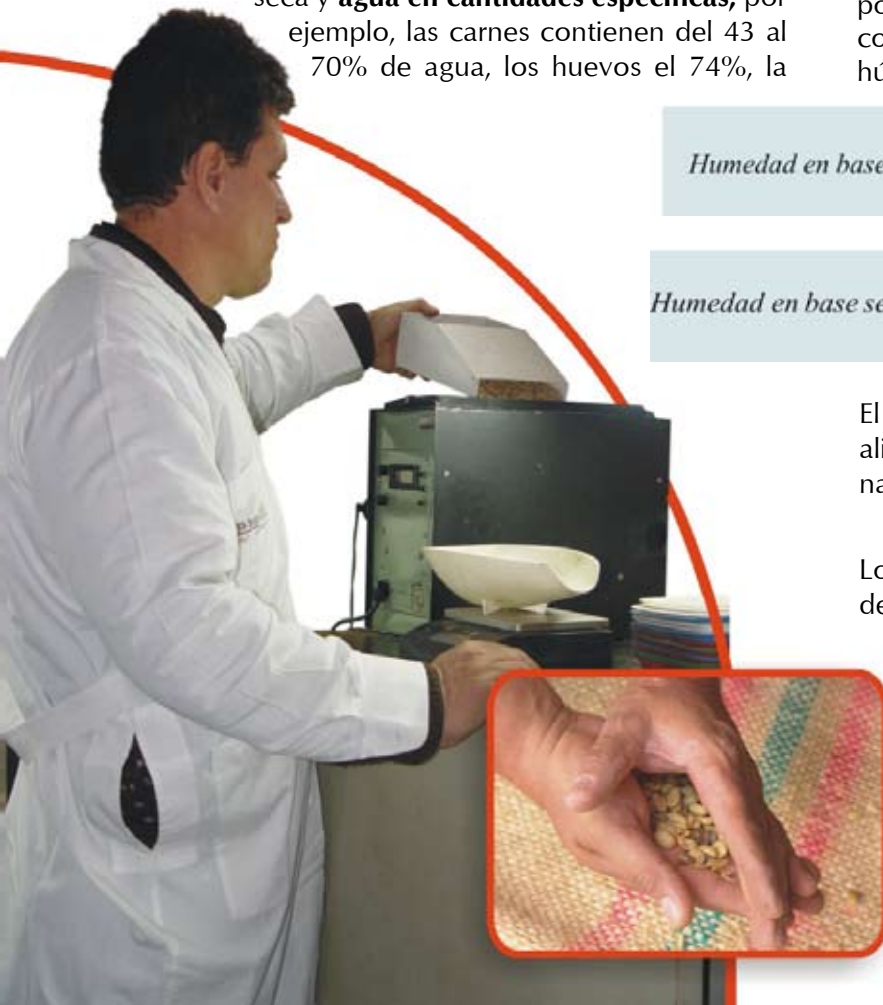
$$\text{Humedad en base húmeda (bh)} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de producto}} * 100$$

$$\text{Humedad en base seca (bs)} = \frac{\text{peso de agua}}{(\text{peso de producto} - \text{peso de agua})} * 100$$

El agua influye en la textura, sabor y calidad de los alimentos, pero es también una de las causas de su naturaleza perecedera.

Los productos entonces se secan hasta un contenido de agua que permita su conservación. La humedad para cada tipo de alimento se establece a través de investigaciones que se basan en el valor en el cual se logra la estabilidad del producto, tanto biológica, como física y química.

* Investigador Científico III. Calidad y Manejo Ambiental. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Colombia.



La actividad del agua

Las reacciones y cambios biológicos, microbiológicos, químicos y físicos requieren de una cantidad mínima de agua libre y su velocidad aumenta a medida que ocurre mayor disponibilidad en el producto. La **actividad del agua (a_w)** mide el agua disponible en el alimento para su conservación o deterioro.

La actividad del agua se define como la relación entre la presión parcial de vapor de agua sobre el alimento (P_a) y la presión de vapor de saturación del agua pura a la misma temperatura (P_{a0}).

$$a_w = \frac{P_a}{P_{a0}}$$

La actividad del agua varía entre 0 y 1,0. El comportamiento de cada alimento es diferente según su actividad del agua, para cada

contenido de humedad y temperatura.

En el equilibrio entre el producto y el ambiente, la actividad del agua del alimento es igual a la humedad relativa (HRe) de equilibrio del aire dividida por 100.

$$a_w = \frac{HRe}{100}$$

En general, un alimento con actividad del agua inferior a 0,7 es estable a la mayoría de las causas de deterioro físico, químico o biológico; por debajo de 0,6 es muy estable al deterioro por microorganismos.

En la Tabla 1 se presentan los valores de actividad del agua límites para el deterioro de los alimentos por diferentes agentes. En la Tabla 2 se presentan los valores para diferentes alimentos deshidratados donde se logra la estabilidad microbiológica; por ejemplo, los granos se llevan

Tabla 2. Relación del contenido de agua y la estabilidad microbiológica ($a_w < 0,70$) para algunos alimentos (3).

Alimentos deshidratados	Contenido de agua (%)
Leche entera	8
Carnes y pescados	8 - 9
Yema de huevo	8
Productos grasos	8
Cacao	7 - 10
Cereales y granos	< 14
Harina de trigo y pastas	13 - 15
Clara de huevo	16
Hortalizas secas	14 - 20
Frutas secas	18 - 25

hasta un contenido de humedad por debajo del 14%, y los productos muy perecederos como la leche, las carnes y los pescados se deshidratan hasta el 8%.

Los principales factores para el crecimiento de los microorganismos son el sustrato, la disponibilidad de agua, la temperatura y el pH. Los métodos de preservación de la calidad de los alimentos se basan en principios que buscan disminuir la disponibilidad de agua, reducir la temperatura, controlar el pH o variar el potencial de óxido-reducción. Para a_w superior a 0,98 se observa un crecimiento óptimo de la mayoría de microorganismos, y por medio de secado, adición de sales y azúcares o refrigeración se logra disminuir la actividad del agua y por tanto, se inhibe su crecimiento. La resistencia a la disminución de la disponibilidad del agua es en general mayor para los mohos, seguida de las levaduras y las bacterias. En la Tabla 3 se presenta el valor mínimo de actividad del agua requerido para el crecimiento de algunos hongos y para la producción de micotoxinas.

Tabla 1. Tipo de alteración en los alimentos en relación con la actividad del agua requerida (2).

Tipo de alteración	Ejemplo	Actividad del agua (a_w)
Biológica	Germinación de semillas Daño por insectos	0,97 - 1 0,60 - 0,80
Microbiológica	Bacterias Levaduras Hongos Bacterias halófilas Levaduras osmófilas Hongos xerófilos	> 0,90 > 0,80 > 0,70 0,75 0,62 0,60
Enzimática	Pardeamiento enzimático (peroxidadas) Rancidez hidrolítica (lipasas)	> 0,85 0,1 - 0,3
Química	Pardeamiento no enzimático Caramelización Oxidación de grasas por calor, luz, y metales	0,6 - 0,7
Física	Alimentos secos muy higroscópicos (azúcar, leche en polvo y la sal) cambian a terrones	> 0,86

Los principales hongos encontrados en los granos de café corresponden a los géneros *Penicillium*, y *Aspergillus*, pero también pueden presentarse mohos de los géneros *Fusarium*, *Rhizopus*, *Cladosporium* y *Mucor*.

Aspergillus ochraceus (principal productor de la Ochratoxina A, OTA) está ampliamente distribuido. Se ha encontrado en el 70% de las fincas cafeteras evaluadas. Es frecuente en ambientes de beneficiaderos y secadores solares, cisco, café pergamino y café almendra (Figura 1) (9). Su presencia causa daño al café sólo **cuando ocurren condiciones adecuadas de humedad, temperatura, tiempo y deficiencia en higiene.**

El **control del agua contenida** en los granos de café es determinante en varios procesos como el secado, el empaque, el transporte, el almacenamiento, la tostación y la calidad.

El secado del café

El secado del café **es un proceso** que evita el deterioro y por tanto, conserva su calidad. Cuando el grano de café pergamino contiene una humedad superior a 12,5%

(bh) existe riesgo de deterioro microbiológico por hongos y bacterias, daño físico, pergamino manchado y decoloración de la almendra, pérdida de calidad de la bebida, sabores sucio, mohoso, terroso y de reposo.

Entre los procesos del café, el secado es una **etapa crítica que requiere control**. Es crítica ya que cualquier daño ocurrido es irreversible. El proceso se realiza para disminuir el contenido de agua inicial desde el 55% presente en el café pergamino húmedo hasta el 10-12%, lo cual corresponde a reducir la actividad del agua desde el 0,97

- 0,98 que tiene el café **pergamino lavado, un producto perecedero**, hasta de 0,6 a 0,67 del pergamino seco, valores en los cuales el café es más estable durante su transporte y almacenamiento.

El secado del café depende de muchos factores, de los cuales uno de los más importantes lo constituyen **las condiciones ambientales** predominantes durante el proceso; pero también de la calidad del café a secar, de la superficie del secador y de los controles de proceso como el espesor de la capa de café y las prácticas aplicadas.



Figura 1. Frecuencia del hongo *Aspergillus ochraceus* en instalaciones de las fincas cafeteras (9).

Tabla 3. Mínima actividad del agua (aw) para el crecimiento y producción de toxinas por diferentes hongos (1).

Hongo	Mínima aw para el crecimiento del hongo	Mínima aw para la producción de toxina	Toxina
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,76 - 0,83	0,83 - 0,87	Ochratoxina A
<i>A. ochraceus</i>	0,76 - 0,83	0,81 - 0,88	A. penicílico
<i>A. clavatus</i>	0,85	0,99	Patulina
<i>A. flavus</i>	0,78 - 0,80	0,83 - 0,87	Aflatoxina
<i>A. parasiticus</i>	0,78 - 0,82	0,87	Aflatoxina
<i>Penicillium expansum</i>	0,82 - 0,85	0,99	Patulina
<i>P. verrucosum</i>	0,81 - 0,83	0,83 - 0,9	Ochratoxina A

En la Figura 2 se presenta la curva de secado al sol para café pergamino en superficie de cemento, en secador parabólico con una capa de 2 cm de café húmedo. Se requieren de 5 a 12 días para que el pergamino alcance una humedad entre el 10 y el 12%.

La tasa de evaporación del agua desde el grano a la atmósfera depende de la disponibilidad de radiación solar (brillo solar). Para café pergamino húmedo en capas de 2 cm se requieren de **35 a 45 horas** de brillo solar para alcanzar la humedad del **10 al 12%** (Figura 3); y en general, entre 5 y 15 días o más, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar de secado del café.

La **relación entre la humedad del grano de café pergamino y su actividad del agua** se muestra en la Figura 4. Una humedad del 12% del grano corresponde a un valor de 0,67 de la actividad del agua (línea verde), el cual es un valor seguro para prevenir el deterioro. Con un valor de actividad del agua por encima de 0,77 contiene humedad superior a 18% (línea naranja), límites favorables para el crecimiento de muchos hongos incluido *Aspergillus ochraceus* (Tabla 3). Los valores óptimos para la producción de la Ochratoxina A (OTA) por *Aspergillus ochraceus* ocurren para actividades del agua entre 0,83 y 0,87 que corresponden a humedad del grano entre 18 a 28% (línea roja).

En las Tablas 4 y 5 se observan los **días críticos** durante el secado de café pergamino y de café pasilla, respectivamente, en los cuales es alto el riesgo de crecimiento de *Aspergillus ochraceus* y de producción de la OTA en el café.

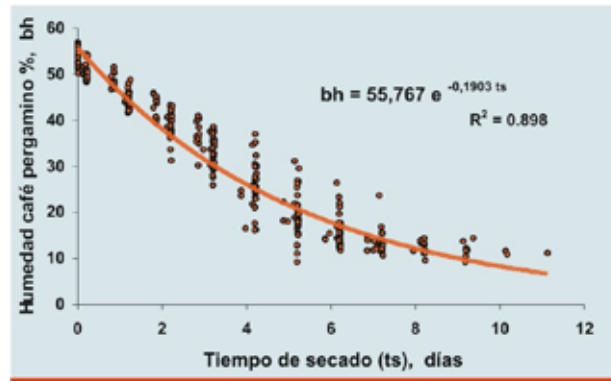


Figura 2. Relación entre la humedad del grano de café pergamino y el tiempo de secado al sol. (Capa 2 cm, secador, parabólico, Chinchiná) (7).

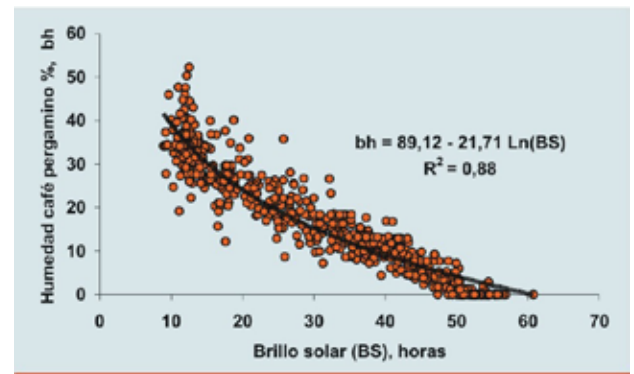


Figura 3. Relación entre la humedad del grano en base húmeda y las horas de brillo solar requeridas para el secado de café pergamino en capa 2 cm, Chinchiná (7).

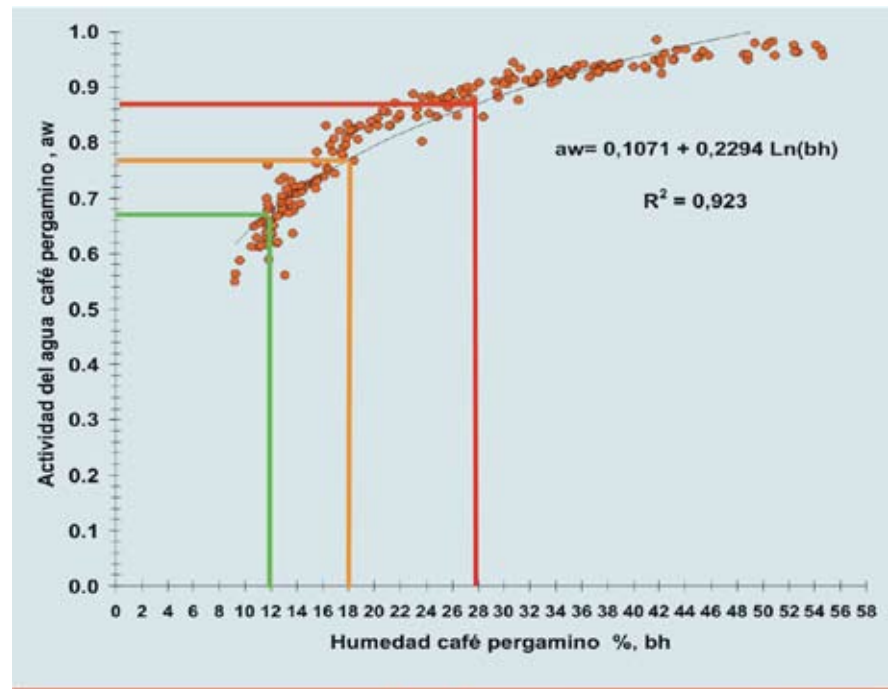


Figura 4. Relación entre la actividad del agua y la humedad del café pergamino en secado.

Cuando la carga para secado de café pergamino húmedo es de 13 kg/m² de secador (capa de 2 cm de café pergamino húmedo) y al mismo tiempo el ambiente está seco y soleado, el secado toma de 6 a 8 días, y el café solo permanece un día en condiciones favorables para el daño por mohos, en tanto que, para capas superiores a 4 cm de café en proceso de secado al sol en períodos lluviosos, propios de la cosecha del café en la zona central se requirieron de 16 a 34 días para lograr el secado y los días críticos se incrementan a 4. Por otra parte, para capas de café de 2 cm, colocados a la sombra en época lluviosa el café permanece cerca de 5 días en riesgo para la producción de la OTA y de 20 a 30 días en condiciones favorables para la proliferación de mohos.

El café secado en condiciones favorables de brillo solar y tiempo seco presenta una coloración amarilla pareja y la taza es de muy buena calidad siempre y cuando se hayan llevado a cabo las buenas prácticas en todas las operaciones de cultivo, recolección y beneficio. Por el contrario, un café secado en condiciones ambientales muy húmedas o en capas muy gruesas, sin haberlo revuelto durante el secado, tiene al final una apariencia de grano pálido y grisáceo, y la bebida revela defectos como sucio, áspero, mohoso y terroso.

El café procesado por vía seca (como las pasillas de finca en Colombia), permanece más de 9 días con humedad del 35 al 18%

en condiciones favorables para la producción de la OTA y cerca de 20 días en condiciones favorables para que ocurran fermentaciones indeseables que producen los sabores vinagre y *stinker*, y proliferen en él mohos.

En consecuencia, los riesgos para la calidad del café por el desarrollo de mohos son altos cuando el café pergamino se seca con granos guayaba, restos de pulpa, mucílago adherido o con granos defectuosos, que causan retrasos en el secado, heterogeneidad en la humedad, decoloración y defectos en la bebida. **Por tanto, es necesario tomar las medidas adecuadas para retirar estos residuos en el beneficio del café antes del secado del grano y disponerlos apropiadamente.**

Tabla 4. Relación del tiempo de secado del café pergamino según superficie de secador, espesor de la capa y condiciones ambientales (7, 10).

Tipo de Secador	Capa de café cm	Cantidad café kg cph/m ² secador	Condiciones secado	Época	Duración secado (días)	aw 0,87		aw 0,77		Número de días críticos
						Humedad del grano %	Día	Humedad del grano %	Día	
Parabólico cemento	2	13	Sol	Soleada	6 a 8	23	6	18	7	1
Parabólico cemento	2	13	Sol	Muy lluviosa	16 a 23	23	10	18	12	2
Parabólico cemento	2	13	Sombra	Muy lluviosa	27 a 34	26	14	18	19	5
Carro madera	4	26	Sol	Lluviosa	16 a 20	24	10	18	14	4
Parabólico cemento	4	26	Sol	Lluviosa	22 a 34	24	14	18	18	4

* cph: café pergamino húmedo; aw: actividad del agua

Tabla 5. Relación del tiempo de secado del café cereza según superficie de secador (40 kg de cereza /m² secador) (7, 10).

Secador	Duración del secado (días)	aw 0,87		aw 0,77		Número de días críticos
		Humedad del grano %	Día	Humedad del grano %	Día	
Parabólico cemento	25 a 34	35	15	18	24	9
Carros madera	27 a 29	28	16	18	24	8

La determinación de la humedad en los granos de café

En Colombia y en la mayoría de los países cafeteros se carece de **instrumentos para determinar la humedad** de los granos en las fincas. En general, la humedad del grano se estima sensorialmente considerando el color, la dureza y el aspecto del grano, observaciones que dependen de la experiencia del operario o el caficultor en el secado del café. Estas evaluaciones son aproximadas, ya que cerca de la tercera parte de las veces el café queda con humedad mayor del 12%, hasta un 15 a 16%, es decir, en condiciones no aptas para el almacenamiento; otro 33% de caficultores seca el café demasiado, hasta un 6%, la mayoría usando secadores mecánicos, lo cual ocasiona pérdidas económicas y de calidad, obteniéndose granos decolorados y con baja intensidad en el sabor (7, 9).

Para el aseguramiento de la calidad del café de Colombia se hace necesario emprender acciones como disponer de medidores de humedad en las fincas, o en sitios de la vereda donde los caficultores puedan comparar sus medidas sensoriales de la humedad del grano con la obtenida de instrumentos de medición. Los instrumentos utilizados para medir la **humedad del café deben calibrarse para granos de café periódicamente**, al menos una vez al año. El empacado del café y las determinaciones de la humedad deben realizarse a temperatura ambiente.

Los granos que se trillan para determinar visualmente la humedad, no deben mezclarse con los granos de café que todavía están en proceso de secado; estos granos ya trillados y húmedos tienen mayor riesgo de decolorarse y favorecen el desarrollo de mohos.

Los empaques del grano de café

Los empaques húmedos y deteriorados pueden contribuir a la contaminación de los granos y a la proliferación de plagas y hongos. Por consiguiente, la higiene y el buen estado de los empaques es otro factor que debe controlarse para el almacenamiento y transporte del café. Es necesario llenar y cerrar bien los empaques y rotularlos para facilitar la trazabilidad.

Almacenamiento de los granos de café

La mayoría de los granos, incluyendo al café son **higroscópicos**, es decir, su contenido de humedad varía de acuerdo con las condiciones de temperatura y de humedad relativa del aire circundante donde se encuentran; en consecuencia, pueden ganar (adsorber) humedad o perderla (desorción) durante su almacenamiento. Es entonces necesario mantener un equilibrio dinámico entre el agua del interior del grano de café y los factores ambientales en el lugar de almacenamiento, para poder preservar el producto por más tiempo en buenas condiciones.

La calidad de los granos de café pergamino sanos con contenido

de humedad entre el 10 y el 12% se conserva cuando se almacenan hasta por 10 meses en condiciones de temperatura de 8 a 15°C y una humedad relativa entre 65 y 70%. Dadas las condiciones ambientales predominantes en las zonas cafeteras de Colombia, con temperatura media del aire entre 18 a 22°C, acompañadas de alta humedad atmosférica superior al 75%, es indispensable que los lugares de almacenamiento estén **ventilados o aireados** para disminuir y uniformizar la temperatura y la humedad en los granos.

La disponibilidad de agua, la temperatura y la composición del alimento son los principales factores que influyen en el crecimiento de los microorganismos en granos almacenados. En el caso del café los carbohidratos conforman un 60% de su composición y por esto **los hongos** son los principales microorganismos encontrados en los granos de café almacenados.

Durante el almacenamiento se ha observado que el café trillado está más expuesto a deterioro que el café pergamino, ya que el pergamino y la película plateada son capas impermeables al agua que protegen la calidad del café almacenado.

Los hongos predominantes en el café almacenado corresponden a varias especies de *Penicillium*, y también se han encontrado *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. tamarii*, *A. versicolor*, *A. glaucus* y algunas especies de *Mucor* (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). La mayoría de los daños producidos por estos hongos ocurren sin que estos agentes sean detectados inicialmente; solamente cuando

el deterioro es muy avanzado los tejidos invadidos se tornan de color amarillento o negruzco, además, las esporas del hongo se hacen visibles y se notan como partículas pulverulentas en el grano. En este estado el ambiente se impregna de un olor fuerte a moho (4). Los defectos predominantes en la bebida de café por la contaminación de hongos son: sucio, terroso, mohoso y fenol.

Los hongos toxigénicos presentes en los granos pueden ser destruidos en la tostación, sin embargo, dependiendo de la contaminación del producto y de la permanencia del café en condiciones inapropiadas de almacenamiento, pueden generarse toxinas en niveles tan altos que perduran tanto en el café verde como en el tostado y aún en la bebida, y por tanto, llegar al consumidor. En café se han encontrado micotoxinas como las aflatoxinas, la ochratoxina A y la esterigmattoxina (4).

En la Figura 5 se observa la evolución de la humedad de varias muestras de granos de café almendra con humedades iniciales del 9,2 al 12,2%, que se almacenaron durante unos 6 meses en condiciones ambientales con temperatura de 25 a 29°C y humedad relativa que varió del 55 al 99%, condiciones bajo las cuales todos los granos ganaron humedad. La calidad en taza presentó los defectos: reposo, sucio y fenol.

Transporte de los granos de café

El transporte del café pergamino debe realizarse en vehículos y recipientes higiénicos, separado de otros materiales y sustancias de origen vegetal, animal o químico. Es **necesario proteger al café de la lluvia y de la humedad** durante la carga, el transporte y el descargue.

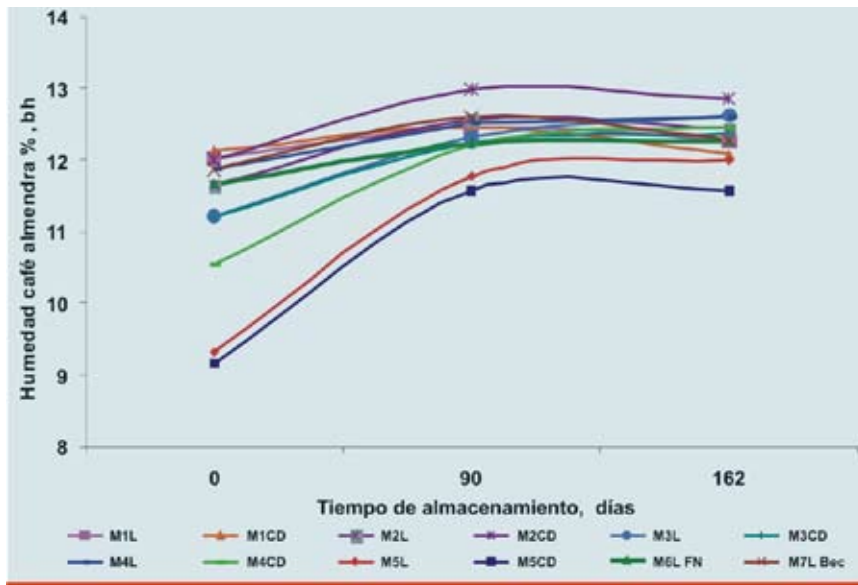


Figura 5. Cambios en la humedad del grano de café almendra almacenado bajo condiciones ambientales (12). (M1L a M7LBec, corresponden a muestras del ensayo).

Literatura Citada

- ARORA, D. K.; MUKERJI, K. G.; MARTH, E. H. . Eds. Handbook of applied mycology. V.3. Foods and Feeds. New York (Estados Unidos), Marcel Dekker, 1991. 621p.
- INSTITUT FÜR LEBENSMITTEL VERFAHRENSTECHNIK UNIVERSITÄT KARLSRUHE. Relación entre el tipo de alteración en lo alimentos y la actividad del agua. In: VORLESUNG in Lebensmittelverfahrenstechnik, Karlsruhe (Alemania), 1990. s.p.
- KRÄMER, J. Lebensmittelmikrobiologie. Stuttgart (Alemania), Eugen Ulmer, 1987. 270p.
- LOPEZ, C.I. Microflora del café almacenado y su influencia sobre la calidad. Santafé de Bogotá (Colombia), Universidad de los Andes. Departamento de Microbiología, 1986. 139 p.(Tesis: Magister en Microbiología).
- MICCO, C.; GROSSI, M.; MIRAGLIA, M.; BRERA, C.. A study of the contamination by ochratoxin A of green and roasted coffee beans. Food Additives and Contaminants 6 (3): 333 - 339. 1989.
- MISLIVEC, P.B.; BRUCE, V.R.; GIBSON, R.. Incidence of toxigen and other molds in green coffee beans. Journal of Food Protection (Estados Unidos) 46(11): 969 - 973. 1983.
- PUERTA Q., G.I. Quality and safety of coffee processed by the wet method and dried in solar dryers. In: WORKSHOP Improvement of Coffee Quality Through Prevention of Mould Growth. Salvador (Brasil), Septiembre 26-29, 2005. Chinchiná (Colombia), Cenicafé - FNC - CFC - FAO, 2005. 1p
- PUERTA Q.,G.I.; ACEVEDO N., M.; ARANGO G., A. M. Informes de resultados del proyecto cuantificación de ochratoxina A en café verde y tostado. In: Informe anual de actividades de investigación 1997-1999. Disciplina Química Industrial, Octubre 1999. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 1999. p.v.

9. PUERTA Q., G.I.; GALLEGO A., C.P. Informes del proyecto Mejoramiento de la calidad del café por medio de la prevención de formación de mohos. *In*: INFORME anual de actividades de investigación 2001-2004. Disciplina

Química Industrial, Octubre 2004. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 2004. p.v.

PUERTA Q., G.I.; GALLEGO A., C.P. Quality and safety of coffee processed by the dry method at sun. *In*:

WORKSHOP Improvement of Coffee Quality Through Prevention of Mould Growth. Salvador (Brasil), Septiembre 26-29, 2005. Chinchiná (Colombia), Cenicafé - FNC - CFC - FAO, 2005. 1 p.



Algunas consideraciones para conservar la calidad del café

- La calidad y la inocuidad de los granos de café pergamino, almendra y tostado se preserva almacenándolos **secos y sanos** y en **condiciones secas, frescas e higiénicas**.
- Mientras más húmedos y calientes permanezcan los granos de café, más rápido será su deterioro y la contaminación con hongos.
- Los granos con daños mecánicos y físicos tienen mayor riesgo de deterioro por hongos, insectos y toxinas.
- Es necesario mantener el café libre de impurezas como cáscaras, otros granos, granos húmedos, granos mohosos y granos defectuosos en los procesos de beneficio, secado, almacenamiento y transporte.
- A menor cantidad de agua disponible en los granos de café, conocida como actividad del agua, se conservará su calidad un mayor tiempo.
- El secado apropiado disminuye la disponibilidad de agua y por tanto, reduce la actividad metabólica en el café y se controla la acción de hongos e insectos.
- El nivel óptimo de humedad de los granos de café es máximo del 12,5% (en base húmeda, *bh*).
- El grano de café que no ha sido secado adecuadamente **desarrolla mal olor, mal sabor, se enmohece, tiene coloración desuniforme, se aplasta en la trilla, y durante la tostación pierde mucho peso**.
- Lotes de café libres de impurezas y de granos defectuosos, que no presentan defectos en taza, tienen bajo riesgo de estar contaminados con OTA. Por consiguiente, es necesario realizar las **evaluaciones de la calidad física y sensorial del café periódicamente** y mantener los registros y la documentación sobre los análisis efectuados y sobre la trazabilidad.
- Para el aseguramiento de la calidad y la inocuidad del café de Colombia se recomienda un estudio periódico del contenido de la OTA en el café comercializado y exportado.

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.

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.
Impresión: Panamericana S.A.