



Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

AVANCES TECNICOS

282

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Diciembre de 2000

EL SECADO MECÁNICO DEL CAFÉ

Gonzalo Roa-Mejía*; Carlos E. Oliveros-Tascón*; Alfonso Parra-Coronado**; César A. Ramírez-G***

En Colombia las normas vigentes para la comercialización del café en pergamino establecen que su contenido de humedad debe estar comprendido en el rango del 10 al 12%, (2).

EL secado del café con aprovechamiento de las energías del sol y del aire, es viable para flujos de cosecha pequeños, generalmente en fincas con producción anual de menos de 12,5 toneladas (1.000 arrobas) de cps. No obstante, la cosecha generalmente coincide con la época de lluvias, por lo que el secado bajo esta técnica es lento. Para producciones anuales superiores a las antes mencionadas, se requiere de una elevada inversión en áreas de secado, equipos y en mano de obra para atender el secado solar, bajo el riesgo de pérdidas de calidad por lentitud en el proceso.

En el secado mecánico se aprovechan ventajosamente las **propiedades físicas** del café. En efecto, el espacio intergranular es uniforme y amplio (los volúmenes corresponden aproximadamente al 45% del volumen total), lo que permite el paso del aire en forma uniforme y sin excesos en los requerimientos de potencia mecánica.

La gran área de la superficie de los granos, aproximadamente 780 metros cuadrados por metro cúbico de café pergamino, permite el intercambio muy eficiente de energía y de humedad.



*Investigador Principal I e Investigador Científico III, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia

**Profesor en año sabático. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá

***Asistente de Investigación. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia

Una aproximación para la selección del sistema de secado y las especificaciones del ventilador en el secado mecánico se presentan en la Tabla 1 (1,7).

Caudal de aire.

En los secadores mecánicos utilizados en Colombia para secar café se puede presentar gran desuniformidad en la humedad final. Al final del proceso, los granos en las partes externas de la capa pueden alcanzar valores de humedad muy bajos (6 a 7%), debido a que reciben el aire más caliente y seco (50°C y humedad relativa de máximo 15%, respectivamente). Los granos en las zonas interiores de los secadores reciben inicialmente aire con condiciones variables de temperatura y humedad relativa, más frías y húmedas. En las últimas horas del proceso la temperatura y la humedad relativa del aire de secado en la mitad de la capa son superiores a 40°C y 40%, respectivamente.

Por las razones anteriores el secado en las caras externas de la capa es más rápido, mientras que el del centro más lento. En esta última capa es donde la persona encargada de supervisar el proceso de secado concentra su mayor atención, tomando muestras, trillándolas y observando la evolución del color de las almendras. Si al observar una muestra no se observan granos con

coloración verde azulado oscuro (denominados granos flojos) (Figura 1) decide finalizar el proceso. Esta práctica aunque segura, desde el punto de eliminar los granos flojos, conlleva a la posibilidad de un secado excesivo del café (resecamiento) de las capas más externas, por la prolongada exposición de los granos al aire de secado (50°C).

Una alternativa para aminorar el efecto negativo de la alta temperatura es suministrar aire ambiental cuando el grano esté próximo a exhibir el color verde característico del grano con humedad entre 10 y 12% (Figura 1). De esta forma se aprovecharían: la energía térmica almacenada en el sistema de calentamiento del aire y la de los granos. Un ade-

cuado caudal (7) de aire que circule por la masa de café en proceso de secado es muy importante para disminuir la desuniformidad de la humedad de los granos ocasionada en el uso de esta tecnología. Si el aire es insuficiente, se incrementa el tiempo de secado y los granos presentan altas desuniformidades en el contenido final de humedad. De otro lado, si el caudal es muy superior al necesario, se estará consumiendo más energía para accionar los ventiladores y se tendrán mayores consumos de energía térmica para el calentamiento del aire, lo que incidirá negativamente en el costo del secado. Los resultados de investigación de Cenicafé (1,7) (Tabla 2) indican que para el **secado de café perga-**



Figura 1. Muestras de café en almendra durante el proceso de secado. A la izquierda café con un contenido de humedad alto; se observa de un color verde oscuro. A la derecha café seco con humedad entre 10 y 12%, b.h. de color verde característico de buena calidad física.

Tabla 1. Recomendaciones para la selección del sistema de secado de café, (solar o mecánico) y especificaciones según la producción de la finca.

Capacidad Ton (@) cps/año	Sistema @ cps/año	Caudal*** m³/min	Presión cm H ₂ O	Potencia HP
Hasta 2,5 (200)	SS* parabólico			
de 6,25 (500) a 12,5 (1.000)	SS* carros			
de 12,5 (1.000) a 25 (2.000)	SM** 1 ton (80 @)	80	6,2	2,0
de 25 (2.000) a 37,5 (3.000)	SM** 1,5 (120 @)	120	6,2	3,0
de 37,5 (3.000) a 62,5 (5.000)	SM** 2 ton (160 @)	160	6,2	5,0

* SS = Secado Solar; **SM = Secador Mecánico; ***altura total= 0,8 m

mino en capa estática el valor recomendado es el de 25m³ por minuto/m³

(25m³ por minuto por cada m³ que ocupe la totalidad de café depositado en el secador). Este valor es equivalente al de un caudal de 66m³ por minuto/ton de café pergamino seco o de 20m³ por minuto/m², cuando la capa total de los granos es de 0,8m (incluyendo una cámara de presecado) o de 10m³ por minuto/m² de secador, cuando la capa de grano es de 0,4m.

En la Tabla 2 se indican los caudales mínimos recomendados y las equivalencias, en varias unidades.

EQUIPOS PARA EL SECADO MECÁNICO DEL CAFÉ.

A continuación se presentan esquemáticamente los diferentes tipos de secadores utilizados actualmente en nuestro país y la manera como operan (4, 7).

Secador estático sin cámara de presecado. (Figura 2). Son los más sencillos, ya que constan solamente de la cámara de secado, en la cual se puede realizar inversión del sentido del flujo de aire. Se utilizan espesores de capa de hasta de 40cm.

En la Figura 3 se presenta esquemáticamente el secador estacionario sin cámara de presecado, el cual se opera de la siguiente manera:

El aire caliente (a temperaturas máximas de 50°) entra inicialmente por la parte superior iniciando el secado de los granos de café; para obtener una mayor uniformidad en el contenido de humedad del grano, el flujo de aire se debe invertir periódicamente cada 6 a 12 horas hasta obtener el contenido de humedad final deseado. El sentido del flujo del aire para cada inversión del flujo está representado por las líneas de flecha continuas y discontinuas.



Figura 2. Secador estático de una sola capa de café.

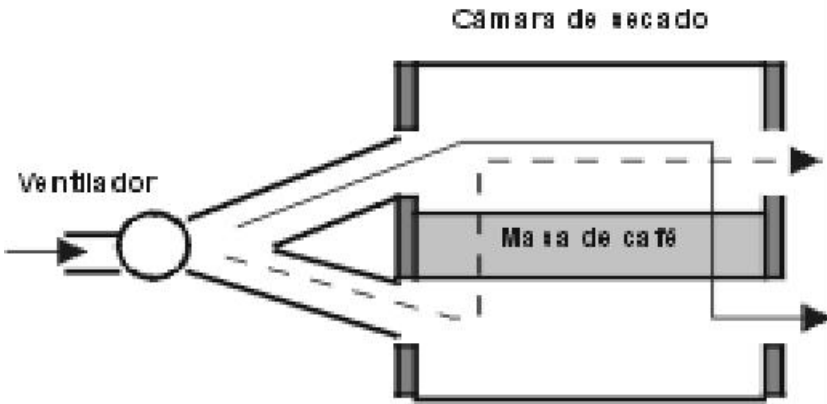


Figura 3. Esquema de un secador estacionario de café sin cámara de presecado y con inversión del flujo de aire.

Tabla 2. Caudales recomendados para el secado del café pergamino en capas estáticas.

Caudal *	Unidades equivalentes de caudales específicos
25	m ³ /(min·m ³)
66	m ³ /(min·ton cps)
20	m ³ /(min·m ²)para h=0,8m
10	m ³ /(min·m ²) para h=0,4m

(*) Es preferible utilizar las primeras dos recomendaciones de caudales específicos (por unidad de volumen ocupado por el grano o por tonelada de café pergamino seco) porque estos valores siempre son constantes, para cualquier masa de café depositada en el silo-secador.

Silo-secador “Cenicafé”. (Figura 4). Éste, (7), además de los elementos complementarios (unidad de calentamiento del aire de secado y ventilador), consta de dos cámaras en las cuales se deposita el grano a secar. Las cámaras se encuentran una al lado de la otra, en donde una de ellas es destinada al secado y la otra al presecado, cuando éstas se operan simultáneamente. Las dimensiones de las cámaras dependen de la altura de la capa de grano y de la capacidad del silo-secador, la cual varía de 60@ (750kg) a 500@ (6.250kg) de cps.



Figura 4. Silo-secador Cenicafé.

medio de espesor de 0,4m; la temperatura del aire de secado no debe exceder los 50°C.

El aire caliente entra inicialmente por la parte superior de la masa de café ubicada en la cámara 1, como se muestra con la línea A de la Figura 5, iniciando el secado; para obtener la mayor uniformidad en el contenido de humedad del grano, el flujo de aire se debe invertir periódicamente, entre 6 y 12 horas (línea B) hasta obtener el contenido de humedad final deseado; una vez seco el grano, éste es removido de la cá-

mara 1. Si se dispone de más café húmedo, se llena la cámara 1 y se hace pasar el aire de secado, primero por la cámara 2, invirtiendo periódicamente el flujo de aire, como lo indican las líneas C y D, hasta que esté seco el café de la cámara 2. Si se tiene más café para secar, éste se lleva a la cámara 2 y se inicia nuevamente el proceso de secado, invirtiendo el sentido del flujo del aire; el proceso se repite las veces que sea necesario.

Secador de dos pisos. (Figura 6). El secador de dos pisos, conocido también como “silo-secador Vertical”, es una modificación del silo-secador “Cenicafé”, en el cual la cámara de presecado está localizada sobre la cámara de secado. En este secador, el aire que sale de la cámara inferior o de secado pasa a la cámara superior, realizando el presecado en forma ascendente. Una vez el grano ubicado en la cámara inferior ha alcanzado el contenido de humedad deseado se retira y el grano que se encuentra en la cámara superior (de presecado) es trasladado por gravedad a la cámara inferior al abrir una compuerta situada en el piso del segundo nivel, para terminar allí su proceso de secado. Al efectuar el traslado del grano de la cámara su-

El silo-secador “Cenicafé” tiene una serie de compuertas rectangulares que al abrirlas o cerrarlas permiten cambiar periódicamente el sentido del flujo del aire entre sus dos cámaras; estas compuertas permiten operar el secador, secando en una sola cámara, o secando en las dos cámaras con o sin presecado. El silo-secador “Cenicafé” se opera de la siguiente manera: se hace pasar un flujo de aire de $20\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ a través de la masa de grano, la cual tiene dos capas, cada una con un pro-

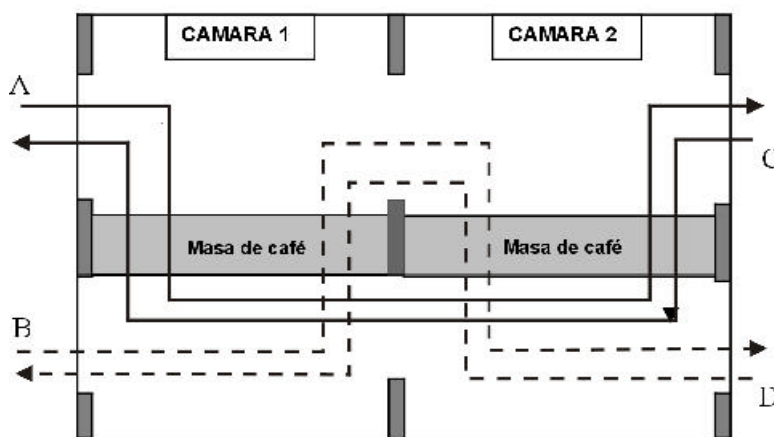


Figura 5. Esquema de un silo-secador “Cenicafé”



Figura 6. Silo secador de café de dos pisos.

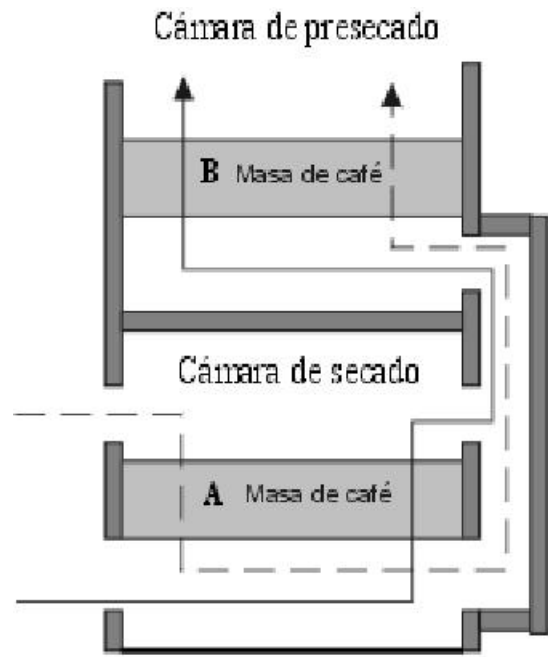


Figura 7. Esquema de un secador de café de dos pisos (Silo-secador Vertical) y la manera como opera

perior (B) a la cámara inferior (A), se realiza manualmente una inversión cuidadosa de las capas de grano, de tal manera que las capas más secas y calientes queden en la parte superior y las más frías y húmedas en la parte inferior. Este tipo de secador debe tener sistema de inversión del flujo de aire en la cámara de secado (Figura 7).

Secador de tres pisos. (Figura 8) Los secadores de tres pisos (Figura 9), presentan diferentes tamaños, con capacidades que pueden variar desde 12 @ de cps. hasta 500 @ de cps.(5); de igual manera, el espesor de cada una de las capas de café puede variar entre 0,1 y 0,3m. La temperatura del aire de secado debe ser de 50°C, para obtener tiempos de secado totales de secado entre 20 y 24 horas cuando el contenido de humedad final del café varía entre 11 y 16 %.

Cuando el proceso es continuo, cada 8 horas sale una capa de café

seco (6). En éste tipo de secadores las dos cámaras de presecado están localizadas en la parte superior, sobre la cámara de secado.

El secador puede operarse de dos maneras (6): Depositando grano húmedo en los tres pisos, a partir del inicio del secado, (**método de carga simultánea**). En este tipo de manejo el aire que sale de la cámara inferior o desecado, (en la que la dirección del flujo del aire se invierte por medio de una compuerta) pasa a las cámaras superiores, realizando el presecado en forma ascendente. El grano ubicado en la cámara de secado (cámara inferior) deberá ser removido tan pronto como alcance el contenido de humedad deseado. El grano que se encuentre en la cámara de presecado1 (segundo piso) se traslada por gravedad a la cámara de secado (primer piso) al abrir una pequeña compuerta situada en el centro del piso, para terminar allí su proceso de secado. Al efectuar el traslado del grano de la

cámara de presecado 1 a la cámara de secado, se realiza una inversión de las capas de grano, de tal manera que las capas más secas y calientes queden en la parte superior y las más frías y húmedas en la parte inferior. De igual manera, el grano que se encuentra en la cámara de presecado 2 (tercer piso) es trasladado por gravedad, invirtiendo el orden de las capas, a la cámara de presecado 1; si se tiene más café para secar, éste se lleva a la cámara de presecado 2 y se inicia nuevamente el proceso de secado.

El **manejo de carga consecutiva** (6), consiste en depositar grano húmedo solo en la cámara de presecado 2 (tercer piso) y forzar el aire de secado a través de él en forma ascendente. Cuando el café se encuentre seco de agua (al cabo de 4 a 6 horas) se traslada a la cámara de presecado 1 (segundo piso), invirtiendo capas al abrir una pequeña compuerta situada en el centro del piso del tercer nivel. La cámara de

presecado 2 se llena nuevamente con grano húmedo y se reinicia el proceso de presecado.

Cuando el grano en la cámara de presecado 2 se encuentre seco de agua, el café ubicado en la cámara de presecado 1 (segundo piso) se baja a la cámara de secado (primer piso), y el café de la cámara de presecado 2 (tercer piso) se baja a la cámara de presecado 1. La cámara de presecado 2 se llena nuevamente con grano húmedo y se reinicia el proceso hasta que el grano ubicado en la cámara de secado alcance el contenido de humedad deseado.

Al efectuar el traslado del grano de cámara a cámara, se debe realizar la inversión de las capas de grano, de manera similar a lo que se hace

en el tipo de manejo 1. Si se tiene más café para secar, éste se lleva a la cámara de presecado 2 y se inicia nuevamente el proceso de secado.

Este tipo de secador tiene la posibilidad de invertir el flujo de aire en la cámara de secado, lo cual se hace cuando el contenido de humedad del café ubicado en esta cámara está entre 14% y 16%. Para ello (Figura 9), algunos secadores pequeños cuentan con una lámina metálica deslizable (L), la cual permite obstruir el paso del aire para así poder realizar la inversión del flujo (línea A). En estas condiciones, el aire que sale de la cámara de secado tiene aún buena capacidad de retirar humedad del grano, por lo cual el aire es forzado a pasar por las cámaras de presecado.

COMBUSTIBLES PARA EL SECADO MECÁNICO.

Por tratarse de un producto para el consumo humano, el café se debe manejar con extremo cuidado y asepsia en cada una de la etapas del beneficio. En el secado, se debe evitar el contacto directo de los gases de combustión con los granos. Existe la creencia que la combustión con gases y con carbón coque es “limpia”. Esto no es cierto. En el caso de los gases (natural y propano) la combustión es aproximadamente completa solamente cuando éstos y el aire suministrado, están en la proporción correcta.

En la práctica, asegurar esto es difícil porque la cantidad de oxígeno en cada lugar varía con la altitud y



Figura 8. Silo secador de café de tres pisos.

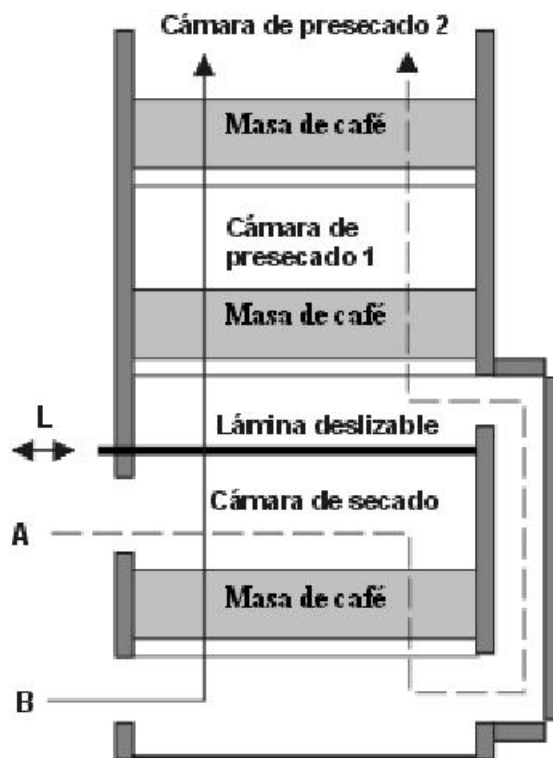


Figura 9. Esquema de un secador de tres pisos

por factores relacionados con el tipo, uso y mantenimiento de los quemadores utilizados.

Con la combustión del carbón coque se libera azufre al ambiente el cual en presencia de humedad da origen al ácido sulfúrico. El efecto de este ácido se puede observar en la corrosión elevada de las partes metálicas de los beneficiaderos que lo utilizan.

El carbón mineral (granulado), quemado en equipos con alimentación automática, es una excelente alternativa para secadores con capacidad estática superior a 120 @ de cps. En Cenicafé se ha observado un promedio de consumo del carbón mineral en cosecha principal de 3,5kg de carbón granulado por @ de cps.

El precio del carbón, puesto en Cenicafé, Chinchiná, es \$ 64kg, por tanto, el costo del combustible (solamente) es de \$ 220/@ cps. Con estos equipos se carga la tolva con carbón solamente dos veces durante el proceso de secado. La regulación de temperatura es buena. Las ventajas económicas con el empleo del carbón solo desde el concepto de combustible, se pueden observar en la Tabla 3.

COMERCIALIZACIÓN DEL CAFÉ PERGAMINO HÚMEDO.

En forma preocupante ha venido en aumento la comercialización del café húmedo o café lavado, mediante el cual el caficultor vende a terceros su café, después de haber sido despulpado, clasificado y lavado (Figura 10). Esta modalidad de

Tabla 3 Costos para diferentes combustibles utilizados en el secado del café (\$/@ cps)

Carbón	ACPM*	Propano**
\$ 220,47	\$ 1.474	\$ 758

*Valor obtenido con consumo de 0,7 galones/@ cps

**Combustión directa, no recomendada por Cenicafé.

comercialización de café es de alto riesgo ya que se demora excesivamente el inicio del secado, por lo cual el grano sufre graves daños en su calidad física, de bebida y sanitaria.

Es práctica utilizada en este método de comercialización que se le pague al caficultor con referencia al café pergamino seco que se estima obtener del café lavado después del proceso de secado. El factor de conversión más utilizado es 2,0. Teniendo en cuenta el precio de compra del café vigente se estima el valor del café pergamino seco. A esta cifra se le resta el valor del secado. En la Figura 10 se presentan los cálculos para determinar el resultado real de la comercialización del café húmedo, asumiendo diferentes valo-

res de humedad que el café posee en el momento de efectuarse la transacción.

Para los valores de humedad que el café normalmente debe poseer (52 a y 48% de humedad), el caficultor pierde entre el 8 y el 17% del peso de su café. Si el caficultor vende su café con un valor del 40%, o sea, seco de agua, pierde el 34,8% de su producto. De otro lado si el café está más húmedo de lo normal, por ejemplo con 56%, el caficultor puede ganar el 1,1% en la transacción.

Además, como es práctica común del caficultor (no recomendable porque daña la calidad del café) guardar su café durante varios días, acumulándolo hasta una semana antes

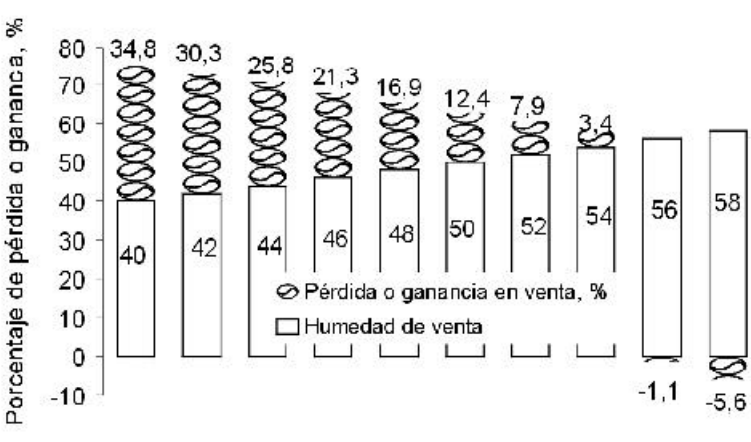


Figura 10. Pérdida o ganancia en la venta del café pergamino lavado al recibir la mitad del peso como café pergamino seco.

de venderlo, sus pérdidas aumentan considerablemente por los componentes que se consumen durante la respiración del grano.

A pesar de que ocurren estas pérdidas grandes para el caficultor, la mayor pérdida la tiene el país productor, porque mediante este proceso es común que el café no se comience a secar antes de 48 horas de iniciada la fermentación, cuando la calidad de la bebida se empieza a deteriorar aceleradamente (3), obteniéndose café que no es apto para la exportación.

CAFICULTOR

Secar el café es rentable. Al vender el café húmedo no sólo se pierde dinero sino que se propician defectos que deterioran la calidad del café colombiano.

Literatura Citada

1. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Cenicafe. Fundamentos del beneficio húmedo del café. Chinchiná, Cenicafe, 1991. 236p.
2. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Norma de calidades de café. Santafé de Bogotá, FEDERACAFÉ, 1988. 4 p.
3. LÓPEZ, C.I.; BAUTISTA, E.; MORENO, E.; DENTAN, E. Factors related to the formation of «overfermented coffee beans» during the wet processing method and storage of coffee. *In: Colloque Scientifique Internationale sur le Café*, 13. Paipa, 21-25 aout, 1989. Paris, ASIC, 1989. p. 373 - 384.
4. PARRA, C. A. Evaluación y utilización práctica de los modelos de simulación matemática de Michigan y de Thompson en el secado de café con aire forzado. Programa de Año Sabático. Cenicafe. 82 p. 2000.
5. RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ G., J. El secador solar parabólico. Chinchiná, Cenicafe, 1996. 13 p.
6. RIVERA, O.L.; VÉLEZ P.A. Evaluación de una secadora de café de 12 arrobas (para pequeños cafeteros). Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera de alimentos, Corporación Universitaria Lasallista, Ingeniería de alimentos, Medellín, 1997, 166 p.
7. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; DÁVILA A., M.T.; ÁLVAREZ H., J.R.; SANZ U., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná, Cenicafe. 273 p., 1999.

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Carmenza Bacca Ramírez

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.

Cenicafe

Centro Nacional de Investigaciones de Café

"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (968)506550 Fax. (968)504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafedecolombia.com