



Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Noviembre de 2006

SECADOR SOLAR DE TÚNEL PARA CAFÉ PERGAMINO

Carlos E. Oliveros-Tascón*; César A. Ramírez-Gómez*; Juan R. Sanz-Uribe*; Aida Peñuela-Martínez*

El secador solar parabólico para café desarrollado por Cenicafé ha sido adoptado y utilizado exitosamente por un amplio número de caficultores colombianos, para atender flujos de café producidos en fincas, de menos de 200@ de café pergamino seco por año (2.500 kg c.p.s) y en fincas grandes, en épocas de baja producción.

Con el fin de incrementar el aprovechamiento de la energía solar, disminuir el costo (\$/m²) y facilitar la construcción, operación y mantenimiento, se diseñó un

nuevo secador tipo túnel solar. Éste, al igual que el secador parabólico, consta de: una estructura de guadua o construida en otros materiales disponibles en la finca o en la región, una cubierta plástica transparente, un piso de malla plástica y compuertas enrollables de plástico transparente.

El secador solar de túnel dispone de una superficie de 20 m², adecuada para atender el secado del café de una finca con producción anual de unas 120@ (1.500 kg de c.p.s); sin

embargo, las dimensiones se pueden acomodar a otras producciones. Si se calcula el día pico equivalente al 2,0% de la producción anual, en una finca con la producción mencionada se obtendrían 60 kg de café lavado (escurrido), que requieren 3,3 m² de piso, con una altura máxima de la capa de 3 cm. Como se observa, quedaría espacio disponible para manejar de forma independiente el café producido en otros días.



*Investigador Principal, Investigador Científico II, Investigador Científico I y Asistente de Investigación, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El piso del secador se construye, mínimo, a 80 cm del suelo, lo cual brinda la posibilidad de disponer de una zona cubierta debajo de la malla para 4 paseras entre columnas, cada una de 1 m², que pueden ser expuestas al sol y que son importantes cuando el secador ocupa su máxima capacidad al finalizar la semana o en períodos lluviosos. La altura desde el suelo disminuye la posibilidad de que se contamine el café por efecto del pisoteo de los operarios o por el ingreso accidental de animales.

¿Cómo se construye el secador tipo túnel solar?

Selección del sitio. Debe escogerse un lugar expuesto al sol, retirado por lo menos 5 m de sitios donde se generan olores fuertes como gallineros, marraneras,

fosas de pulpa, establos y pozos sépticos, entre otros, olores que pueden ser absorbidos por el café y que lo contaminan. Debido al diseño del secador, no es indispensable disponer en la finca de un terreno plano para ubicarlo, ya que puede seleccionarse un lugar con alguna pendiente que no dificulte su construcción y operación.

El secador debe orientarse, longitudinalmente, de sur a norte para que los rayos del sol actúen de manera perpendicular al plástico transparente, durante todas las horas del día y se pueda aprovechar mejor la radiación solar y el viento.

Materiales. Los materiales requeridos para la construcción de un secador con 20 m² de piso para secado se presentan en la Tabla 1; éstos pueden conseguirse en la propia finca y en el comercio local.

Tabla 1. Materiales y presupuesto requeridos para la construcción de un secador TÚNEL-20

Materiales	Unidad	Dimensiones	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Observaciones
Guadua	m	2	9	\$ 1.000	\$ 9.000	(1) 18 travesaños o cocas de 2 m, cada 0,5 m
	m	5	5	\$ 2.500	\$ 12.500	28 latas de 2,5 cm x 5 m de largo
	m	5	4	\$ 2.500	\$ 10.000	Vigas principales
	m	1,2	10	\$ 800	\$ 8.000	Columnas
	m	4	4	\$ 2.000	\$ 8.000	8 arcos de 3,4 m x cm
	m	5	4	\$ 2.500	\$ 10.000	5 arcos de 4,4 m x 3 cm para unión de las columnas
	m	5	5	\$ 2.500	\$ 12.500	14 latas de 5 m x 4 cm para templar el plástico
Total guaduas	m	5	41		\$ 70.000	
Sarán de 45%	m	3	10,5	\$ 2.585	\$ 27.143	Malla Sarán 45% de sombra
Plástico Agroplas	m	5	11,2	\$ 5.568	\$ 62.362	Calibre 8
Puntillas	lb	1 1/2"	2	\$ 1.700	\$ 3.400	
Puntillas	lb	2 1/2"	2	\$ 2.320	\$ 4.640	
Alambre dulce	kg	2	2	\$ 2.931	\$ 5.862	Calibre 18
Fibra polipropileno	Rollo		0,5	\$ 10.000	\$ 5.000	Referencia 120000
Pintura	Galón		0,25	\$ 58.000	\$ 14.500	Protección madera
Pintura	Galón		0,25	\$ 52.000	\$ 13.000	Vinilo blanco
Thinner	Litro		1	\$ 2.900	\$ 2.900	
Brocha 2"	Unidad		1	\$ 4.000	\$ 4.000	
Cemento	Bto		1	\$ 11.800	\$ 11.800	Gris
Arena	m ³		0,25	\$ 10.400	\$ 2.600	Pega
Gravilla	m ³		0,25	\$ 10.400	\$ 2.600	Fina
Mano de obra	Jornales		12	\$ 17.000	\$ 204.000	
TOTAL					\$ 433.807	

Precios válidos en Chinchiná, Octubre 2006.

Para mayor duración de las guaduas debe consultarse y seguir las recomendaciones propuestas en el Avance Técnico de Cenicafé No. 305 (3), para su corte, manejo y protección.

Para la construcción del secador solar de túnel, se necesitan 56 m² de plástico para la cubierta y las compuertas laterales, es decir, 3,13 m² de plástico/m² de piso para secado. Si se tiene en cuenta que para la construcción de un secador solar parabólico Cenicafé se requieren 3,76 m² plástico/m² de piso, con el nuevo modelo se requiere el 25,6% menos plástico por metro cuadrado de piso para secado.

Demarcación del terreno. Con estacas, hilos y niveles se ubica cada uno de los sitios donde serán levantadas las 10 columnas, con guaduas con diámetro de 20 cm, separadas 2 m entre ejes, y de longitud variable, según la pendiente del terreno escogido para la construcción del secador; éstas soportarán el piso del secador con una altura mínima de 70 cm en la parte con menos altura desde el suelo. Para prolongar la duración de las guaduas se recomienda utilizar dados de concreto (relación 1:2:3 o sea, una parte de cemento, por dos de arena y tres de gravilla), que protegen la parte enterrada y 25 cm sobre la superficie del terreno.

En la base de cada columna se recomienda colocar una capa de solado o recebo apisonado de 10 cm de espesor, para evitar que la piedra de la mezcla quede directamente sobre el suelo. En caso de que el terreno

sea relativamente plano, bastará colocar las columnas sobre dados de ladrillo (Figura 5, detalle 6).

Construcción del piso. El piso del secador está apoyado en una estructura de cuatro guaduas de 5 m de longitud, unidas para formar vigas de 10 m de largo, apoyadas en las columnas de guadua (Figura 1). Sobre estas vigas se colocan en dirección transversal 21 viguetas hechas de medias guaduas de 2,20 m de longitud previamente cortadas, separadas entre sí 50 cm.

Sobre éstas se instalan 28 latas de guadua de 2,5 cm de ancho y 5 m de largo, de modo que queden repartidas en 14 hileras, en dirección longitudinal, separadas 15 cm, las cuales se fijan a las viguetas con puntillas de 1½" (Figura 2).

Para lograr una superficie de malla plana y permitir una altura de capa de secado uniforme en el secador, se colocan hilos de fibra de poliuretano, referencia 120.000 entre las latas de guadua (Figura 5, detalle 2), tensionados manualmente. El borde del piso que sirve como tope para evitar derrames de café al suelo, se construye con listones de madera cepillada de 2,5 cm x 5 cm, formando un marco, en los cuales se enrolla la malla sobrante y se ejerce la tensión adecuada para evitar el contacto del café con la madera (Figura 3a). Los listones se perforan cada metro con una broca de 3,18mm (1/8") al igual que las vigas y se introduce una varilla de alambre galvanizado calibre 10 (1/8") de 18 cm de longitud, la cual se dobla en un extremo (Figura 5, detalle 3).



Figura 1. Demarcación del lote y ubicación de las columnas.



Figura 2. Detalles de la construcción del piso del secador. Entramado con latas de guadua.

Construcción de la cubierta. Para soportar el plástico que cubre el secador se utilizan 13 latas de guadua de 4 cm de ancho y 4,5 m de longitud dobladas en forma de arco, separadas cada 83,3 cm, las cuales se fijan con puntillas a las vigas que soportan la estructura del piso (Figura 5, detalle 4) y con alambre dulce a las columnas; además se recomienda unir (con alambre dulce) una lata de 1 m de longitud y 4 cm de ancho en la parte interna de cada arco para brindarle mayor resistencia en la zona de mayores esfuerzos (Figura 3b). La superficie que estará en contacto con el plástico deberá recubrirse con pintura blanca para disminuir su temperatura y alargar la duración del plástico.

El caballete, de 10,30 m de longitud (se incluyen los aleros) lo constituye una hilera de latas de guadua de 4,5 cm de ancho, fijadas a cada arco con puntillas de 2" en la parte superior.

Instalación del plástico. Primero deben instalarse las compuertas laterales enrollables, de plástico, que facilitan el acceso y la operación del secador; cada una mide 1 m de ancho x 5,2 m de longitud (Figura 4a); en caso de instalar paseras debe aumentarse el ancho hasta el suelo. A cada compuerta se fijan latas de guadua de 5 m x 4 cm, en cada uno de sus bordes superior e inferior.

El borde superior de cada compuerta lateral se fija a las latas que forman los arcos a los 77 cm del borde

inferior del marco del piso (medida sobre el arco) (Figura 4b). El otro extremo de la compuerta permite enrollar el plástico y ajustar la compuerta a la posición requerida: totalmente abierta, para cargar, revolver y descargar café; abierta 50 y 20% para secar café recién lavado y escurrido y en niveles avanzados de secado, respectivamente.

La parte superior de la cubierta plástica, llamada cumbre, forma un arco de 176 cm, tiene en sus lados dos latas de guadua, que a su vez están unidas con clavos de 1½" a los 13 arcos de la estructura mencionada anteriormente.



a.

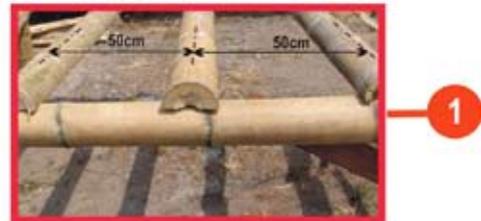
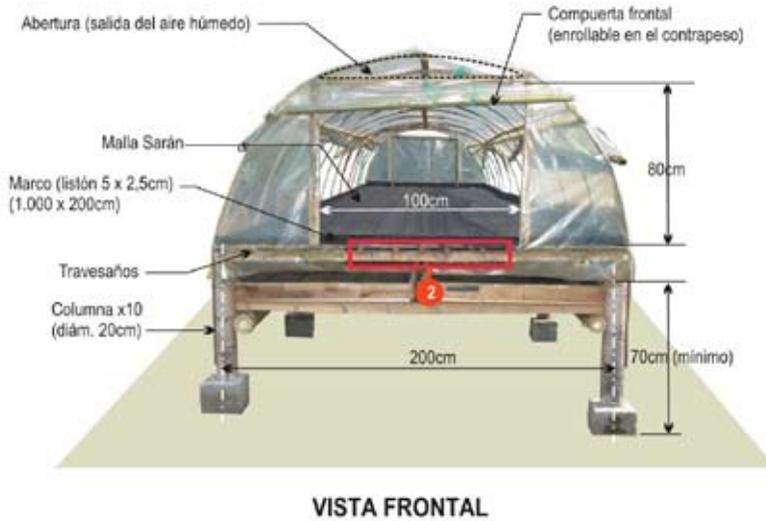
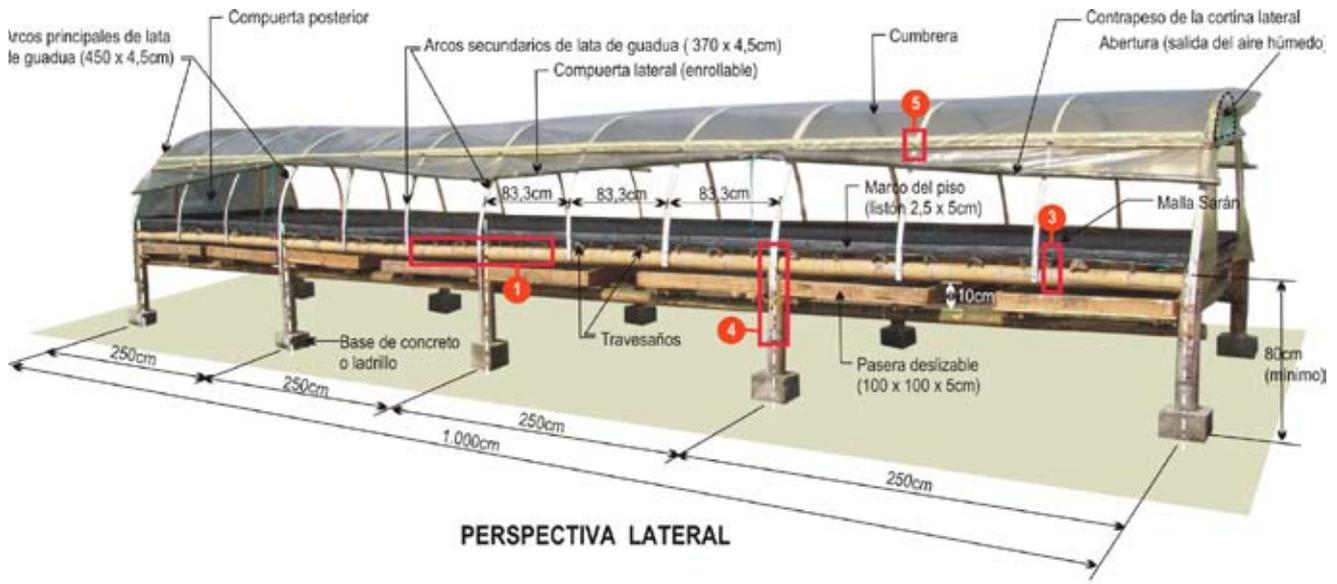


Figura 3. a) Piso en malla Sarán, b) Arcos que forman la estructura para soportar la cubierta plástica, reforzados en la parte interna y sujetos en la parte superior con el caballete.



b.

Figura 4. Detalles de la construcción de las compuertas laterales: a) Compuerta fijada a los arcos; b) Distancia sobre los arcos para fijar las compuertas laterales.



Distancia entre travesaños



Entramado del piso



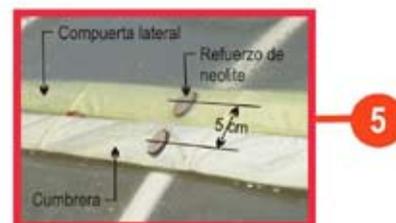
Base en ladrillo



Fijación del marco al entramado



Fijación de los arcos



Fijación de la cumbrera

Diag. Gonzalo Hoyos S.

Figura 5. Perspectiva, vista frontal y detalles constructivos del secador solar tipo túnel para una finca con capacidad de 120@ (1.500 kg c.p.s.)

El plástico de la cumbre, de 2 m de ancho por 10,3 m de largo, se enrolla dando dos vueltas hacia adentro y se fija a las latas 5 cm por debajo de la lata superior de la compuerta lateral; para asegurar el plástico se utilizan grapas de acero o puntillas de 2½" y un refuerzo plástico o un trozo de neumático, preferiblemente de forma redondeada para evitar daños al plástico (Figura 5, detalle 5). Luego se extiende sobre los arcos de la cubierta (Figura 6), y se estira máximo 1% de su longitud inicial (1 cm/m), y también se enrolla su otro lado en otra lata de guadua, dando dos vueltas hacia adentro (Figura 6b), y se fija a los arcos de guadua de la misma manera que hizo con el lado opuesto.

En las partes frontal y posterior del secador también se cuenta con compuertas enrollables. Para su construcción en cada cara se utilizan dos latas de guadua de 80 x 4 cm colocadas en posición vertical desde el marco del piso hasta la lata curva, con una separación entre latas de

100 cm, se fijan con puntillas (Figura 7a). Sobre las latas, a manera de pórtico de forma transversal, se coloca una lata de 120 x 4 cm en la cual se fija un plástico de 100 x 100 cm; en el otro extremo del plástico se coloca una lata con dimensiones similares a la anterior que permite mantener cerrada la compuerta o enrollarla para variar su abertura.

En la parte superior de las compuertas frontal y posterior se dispone de aberturas de 200 cm² para permitir la salida del aire húmedo durante el secado; están protegidas con un 'alero' del plástico para evitar la entrada de agua lluvia que podría rehumedecer el café y alterar su calidad final (Figura 7b).

Pasillo. Para facilitar la operación del secador y disponer de una mayor cobertura por parte del operario se recomienda, en terrenos inclinados, construir en cada lado del secador un pasillo de guadua o madera, que permite el desplazamiento cómodo y seguro por los dos lados más largos del secador.

Construcción de las paseras. Para aumentar el área de secado, especialmente para orear el café, se dispone de espacio para alojar como mínimo cuatro paseras de 1,0 m x 1,0 m x 10 cm, construidas en madera cepillada, cuyo fondo puede ser de la misma malla utilizada para el piso del secador (Figura 8). Las paseras se colocan sobre una estructura construida en guadua, debajo del piso del secador, que permite sacarlas durante el día y guardarlas en la noche.



a.



b.

Figura 6. Construcción de la cumbre: **a)** Fijación del primer lado y preparación para extender el plástico; **b)** Cubrimiento y templado del plástico.



b.

a.

Figura 7. **a)** Compuertas frontal y posterior; **b)** Aberturas para la salida del aire húmedo.



Figura 8. Paseras utilizadas en el secador solar de túnel.

También pueden retirarse del secador y guardarse en el interior de la casa en un sitio apropiado, limpio y nunca con fertilizantes, pesticidas, combustibles u otros productos que puedan contaminar al café.

Operación del secador

El café de cada día debe extenderse aprovechando al máximo el piso disponible en el secador y se debe revolver, preferiblemente con el rastrillo Cenicafé (2), al menos 4 veces al día, con el fin de agilizar el secado de la película de agua que contienen los granos al inicio del proceso. Cabe resaltar que el operario puede realizar las labores con mayor comodidad que en el secador parabólico, al no estar sometido a las condiciones de alta temperatura de su interior en días soleados (hasta

50°C). Para lograr buenos resultados, secado homogéneo en el menor tiempo, se recomienda que la altura de capa de café sea menor a 3 cm.

El movimiento de las compuertas permite ajustar las condiciones internas del aire de secado (temperatura y humedad relativa) a las necesidades del proceso. Al inicio del secado conviene ventilar al grano para acelerar el proceso, dejando las compuertas abiertas (Figura 9a), si las condiciones climáticas lo permiten. A medida que la humedad del café disminuye se requiere mayor temperatura de los granos para acelerar el secado lo cual se logra ajustando las compuertas hasta dejar una abertura cercana al 20% (Figura 9b).

Es de anotar que en una semana típica de cosecha se puede contar con café en estados iniciales, intermedios y avanzados de secado, al finalizar la semana; bajo estas condiciones una forma de operar el secador de 10:00 a.m. a 2:00 p.m., sería: compuertas abiertas 50% martes y miércoles; 30% los días jueves y viernes y 20% los restantes. En caso de días lluviosos y en las noches, conviene cerrar las compuertas por lo menos en un 80%. El secador solar de túnel cuenta con aberturas frontales y laterales para permitir la salida del aire húmedo y favorecer su circulación a través del secador en estas condiciones.

El tiempo de secado depende de las condiciones ambientales del lugar, de la cantidad de producto/m² colocado en el piso del secador y del manejo del



b.



Figura 9. Operación del secador solar de túnel: **a)** Inicio de secado; **b)** Etapas avanzadas de secado.

secador. De acuerdo con resultados obtenidos por Oliveros (1) en Cenicafé (Chinchiná, Caldas) en días muy soleados, con capa de 3 cm, el secado puede tardar de 3 a 4 días (moda 5 días), mientras que en tiempo lluvioso puede demorar hasta 9 días (Figura 10). Se deben tomar muestras de diferentes puntos de la capa, trillarlas y observar el color de las almendras, para revisar la humedad del café. Cuando éstas presenten el color verde azulado característico debe retirarse el café del secador inmediatamente, ya que dejarlo más tiempo allí puede ocasionar defectos en la calidad física

del grano por causa de una mayor pérdida de humedad o puede rehumedecerse el café, según las condiciones ambientales.

Las curvas típicas de secado obtenidas en Cenicafé (1) en secador solar de túnel y en el secador parabólico se presentan en la Figura 11. Se observa menor tiempo de secado en el de túnel, hasta un día, resultado importante para el caficultor ya que con esta tecnología, para una misma área, dispondría de mayor capacidad dinámica de secado (kg de café/semana).

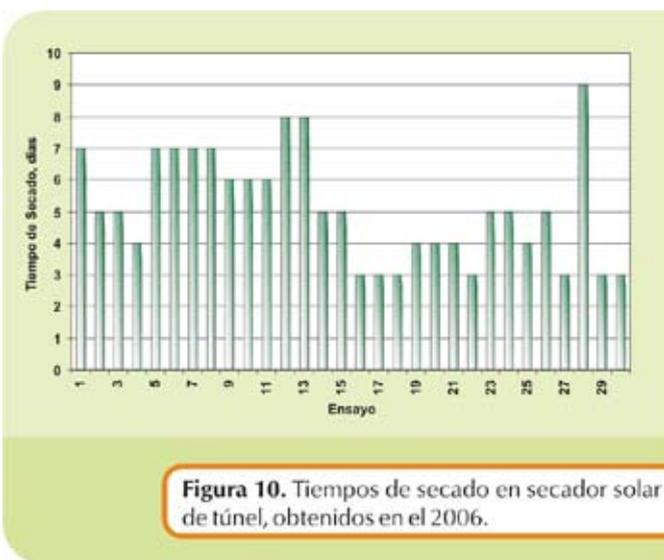


Figura 10. Tiempos de secado en secador solar de túnel, obtenidos en el 2006.

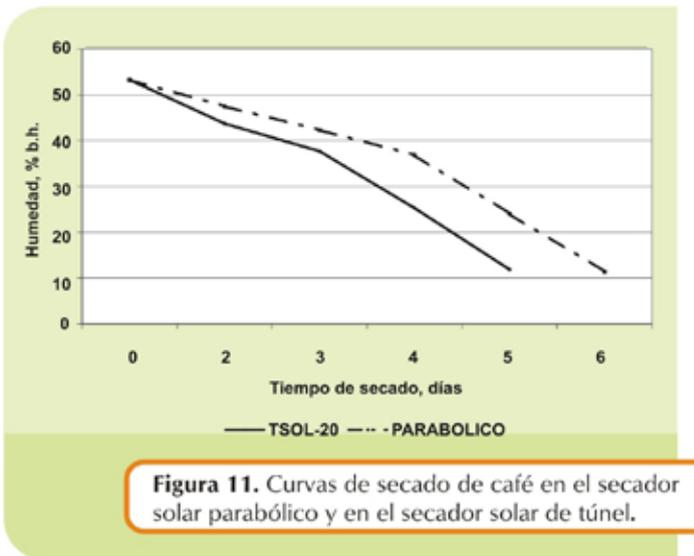


Figura 11. Curvas de secado de café en el secador solar parabólico y en el secador solar de túnel.

LITERATURA CITADA

1. OLIVEROS T., C.E. Evaluación de tecnologías solares parabólicas para el secado del café. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. In: Informe Anual de Actividades, Disciplina de Ingeniería Agrícola 2005-2006. Chinchiná, Cenicafé, 2006.
2. OLIVEROS T., C.E.; LÓPEZ P., U.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A. Nuevos rastrillos para revolver café en secado solar. 2006, 8p. (Avances Técnicos N° 346).
3. RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS, T.C.E.; ROA, M. G. Construya el secador solar parabólico. 2003, 8p. (Avances Técnicos N° 305).

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: César A. Ramírez Gómez
 Gonzalo Hoyos S.
 Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.
 Impresión: Editores S.A.