

EVALUACION DE LA PERDIDA DE CALIDAD DE LA SEMILLA DE CAFE DURANTE SU BENEFICIO

Federico Sierra-Garzón*, Alejandro Fernández-Quintero**

Gonzalo Roa-Mejía***, Jaime Arcila-Pulgarín****

15009

RESUMEN

SIERRA G., F.; FERNANDEZ Q., F.; ROA M., G.; ARCILA P., J. Evaluación de la pérdida de calidad de la semilla de café durante su beneficio. *Cenicafé* (Colombia) 41(3): 69-79, 1990

En el Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, se investigó el mejoramiento de las condiciones del beneficio en húmedo de la semilla de café, en el menor tiempo y sin comprometer su calidad, en los equipos comerciales tradicionalmente utilizados. Se estudió el despulpado, el lavado mediante bombas y el secado. Se demostró que el cilindro de las despulpadoras de eje horizontal se puede operar girando entre 120 y 200 rpm, sin dañar los granos. Con rotaciones superiores a 160 rpm se incrementó, por fuera de la norma ICONTEC, la cantidad de granos sin despulpar. Al despulpar sin agua no se afectó ni la capacidad, ni la calidad del despulpado y se produjo semilla con porcentajes de germinación superiores al 93%. Durante el lavado con bombas, el máximo número de veces que el grano se pudo recircular, con una relación agua/grano de 1:1, fue de 3. Este valor se puede aumentar significativamente si se utilizan relaciones agua/grano de 2:1 y 3:1. Es posible secar semilla con temperaturas del aire hasta 40°C y el valor de humedad final no debe ser inferior al 10%, base húmeda. Este nivel de humedad es crítico aún utilizando temperaturas del aire de secado de 30°C.

Palabras claves: Café, calidad del grano, beneficio en húmedo, semilla de café.

ABSTRACT

At the National Coffee Research Centre, CENICAFE, an investigation was carried out with the aim of finding the best commercial conditions of processing, finding the minimum time using the traditional processing equipment to produce coffee for human consumption and to obtain high germination rates. Pulping, hydraulic washing and drying were studied because they are considered the most critical operations where it is possible to damage the seeds. The rotation of the cylinder of the traditional horizontal pulping machines can run up to 200 rpm without damaging the seeds. However at velocities above 160 rpm, part of the cherry beans were not pulped. The use of water for pulping was not necessary in order to obtain germination rates of 93%. During the seed washing process, using a 3 m vertical trajectory in 3" (7.6 cm) PVC tubes, and a relation of water/grain of 1:1, the maximum number of recirculations to maintain the grain under accepted standards was 3. This value can be increased with water/grain relations of 2:1 and 3:1. It was possible to dry the coffee seeds with air temperature until 40°C without losing the germination rates. The permitted minimum seed moisture content was 10%, wet basis. This critical moisture content level was still valid using air drying temperature of 30°C.

Keywords: Coffee, grain quality, wet processing, coffee seed.

* Ingeniero Agrícola.

** Profesor Asociado. Universidad del Valle.

*** Investigador Principal I. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chin-chiná, Caldas, Colombia.

**** Investigador Principal I. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chin-chiná, Caldas, Colombia.

Con la obtención en CENICAFE, de una nueva variedad de café con resistencia a la roya, la Variedad Colombia, y dado el carácter de cultivar compuesto de ésta, se ha originado la necesidad de un cambio tecnológico en los sistemas de producción, procesamiento y distribución de semilla al agricultor.

Se hace ahora necesario en Colombia producir en muy pocos centros de propagación, grandes cantidades de semilla, para lo cual se requiere, entre otras necesidades, de la utilización de beneficiaderos debidamente diseñados para su procesamiento.

El beneficio de la semilla de café a gran escala se ha venido desarrollando, en estos centros de propagación, mediante la utilización de los principios básicos del beneficio del café comercial para bebida, con algunas variaciones en el diseño de la instalación de beneficio, especialmente orientadas al manejo de las diferentes progenies que conforman la Variedad Colombia. Sin embargo se desconocen los límites del manejo mecánico y las condiciones óptimas de despulpado, lavado mecánico, transporte hidráulico y secado, desde el punto de vista de producción comercial, o sea en el mínimo tiempo, utilizando en lo posible procedimientos de bajos costos que eviten la pérdida de viabilidad y vigor de las semillas.

El café está clasificado como una nuez, Croker y Barton (5), por cuanto su endosperma es semiceluloso. Cualquier pérdida de humedad contrae el embrión y puede estrangularlo.

La semilla que es severamente manejada durante el beneficio sufre daños y disminuciones en su calidad fisiológica. El deterioro biológico puede manifestarse inmediatamente, o posteriormente, durante el almacenamiento.

Una de las etapas más importantes en el beneficio de café es el despulpado, por cuanto

de él pueden depender la mayoría de las pérdidas que ocurren en el beneficio. Una despulpadora mal ajustada realiza su trabajo produciendo cantidades no aceptables de granos partidos, mordidos o trillados, ICONTEC (10). Además, la mala calibración de la despulpadora ocasiona pérdidas de granos que van a la pulpa. También es común encontrar en estos casos mucha cáscara adherida a los granos, lo cual repercute negativamente en la fermentación y en las operaciones posteriores al despulpado, aumentando además el porcentaje de impurezas en el café pergamino seco.

Las despulpadoras de cilindro horizontal están diseñadas para trabajar a velocidades entre 120 y 200 rpm. Si se aumenta la velocidad por encima de la velocidad crítica, la cantidad de granos trillados, mordidos y la cantidad de pulpa que pasa con el café también aumenta. El café fermentado y que está a punto de ser lavado, debe someterse a una operación que elimine los materiales sueltos y los residuos del proceso de digestión del mucílago, así como las sustancias solubles formadas durante la fermentación.

Las bombas centrífugas sumergibles han ganado recientemente mucha popularidad en nuestro medio para lavar el café, debido a su sencillez, su efectividad y su doble acción simultánea de lavadora y transportadora, Sierra *et al.* (14). No obstante, la utilización de las bombas propicia la utilización del agua en el beneficio contribuyendo a su contaminación, técnica que deberá disminuirse o mejor, eliminarse, cuando sea posible. Es pues necesario conocer el desempeño y las características técnicas del lavado y el transporte para disminuir los posibles perjuicios que se pueden ocasionar. Por otro lado, es indispensable investigar otros procedimientos que disminuyan al mínimo la utilización del agua en el beneficio.

En el transporte del café por efecto de la acción de las bombas se originan turbulencias que provocan la fricción grano-grano y grano-partes constitutivas de la bomba, que se consideran suficientes para desprender los residuos de la fermentación. Además, la fricción de la masa en movimiento a través de las tuberías y accesorios de conducción, aumenta el efecto limpiador. Durante esta operación de transporte hidráulico es posible ocasionar daños mecánicos a la semilla y ocasionar la pérdida de su capacidad germinativa y su vigor.

Ghosh (8), reporta un estudio llevado a cabo en Kenia en el cual se evaluó el funcionamiento de doce bombas de diferentes marcas, con tasas de transporte que variaron entre 80 y 200 galones por minuto (0,30 y 0,76 m³/min), trabajando contra una cabeza de descarga de 20 pies (6,09 m). Los resultados obtenidos mostraron que el máximo incremento en el porcentaje de daños (granos trillados y partidos) fue de 5,15%. También se evaluó el daño físico en los granos de café al ser bombeados bajo diferentes relaciones de mezcla agua-café, variando la cantidad de café desde 166 kilogramos hasta un máximo de 1000 kilogramos por metro cúbico de agua. Los resultados obtenidos mostraron que el daño en los granos (granos trillados y mordidos) fue mínimo.

Según Andrews y Delouche, citados por Baudet *et al.* (3), los deterioros mecánicos en las semillas, en general, pueden ser causados por choques y/o abrasiones de los granos contra superficies duras o contra otras semillas, lo que provoca semillas mordidas, fragmentadas, amañadas, etc. Las semillas dañadas mecánicamente dificultan las operaciones de beneficio y presentan menor germinación y vigor.

Para Mackay, citado por Baudet *et al.* (3), los daños mecánicos causados al embrión,

tales como fracturamiento y magullamientos sólo se notan después de la germinación, en forma de anomalías en las plantas.

De acuerdo a Delouche, citado por Baudet *et al.* (3) los defectos de los daños mecánicos en la viabilidad y vigor pueden ser: a) inmediatos, bajo los cuales las semillas se tornan inmediatamente incapaces de germinar normalmente; b) latentes, bajo los cuales la germinación no es inmediatamente afectada, pero el vigor o potencial de almacenamiento y el valor de la semilla en el campo es reducida. Estas semillas se deterioran más rápidamente en el almacenamiento o sucumben más fácilmente en condiciones adversas de campo, luego de ser sembradas. Con respecto a lo anterior, Bunch, citado por Baudet *et al.* (3), confirma que las semillas dañadas mecánicamente no mantienen el vigor y la viabilidad durante el almacenamiento, debido a que los daños inciden en la tasa de respiración y permiten la entrada de microorganismos por las heridas, impidiendo que la semilla conserve su viabilidad hasta el momento de sembrarla.

Otra de las causas de daño en las semillas es la alta temperatura que éstas alcanzan durante el secado y el almacenamiento. Según Harrington (9), el nivel de temperatura en el que se causa daño a las semillas varía con el contenido de humedad de ésta. Mientras más alta la humedad de la semilla, menor debe ser la temperatura del aire de secado en sistemas estacionarios. Algunos tipos de semillas soportarán mayores temperaturas de secado que otras. Se han encontrado, como recomendación general, las siguientes temperaturas seguras para el secado de las semillas (Tabla 1). Según Brooker *et al.* (7), la temperatura del grano no debe exceder de 43°C para evitar daños a la semilla. Dávila (6) menciona que a 52°C el germen de la mayoría de las especies de semillas muere.

TABLA 1. Temperaturas del aire recomendadas para el secado de semillas de acuerdo al contenido de humedad.

Humedad de la semilla (% b.h.)	Temperatura aire (°C)
Superior a un 18%	32
De 10 a 18%	37
Inferior a un 10%	43

White *et al.* citados por Rossi (12), observaron que semillas secadas con aire entre 24 y 41°C presentaron una germinación, en promedio, el doble de aquellas que fueron secadas con aire a 57°C (80% de germinación contra el 40%).

En consideración a estas razones se planteó el presente trabajo con el objetivo de establecer las condiciones de proceso industrial del despulpado, lavado y secado de la semilla que garanticen el mantenimiento de su calidad fisiológica. Paralelamente se determinó la mejor condición de operación de dos despulpadoras comerciales de cilindro horizontal, para obtener el rendimiento óptimo, sin causar disminución de la calidad de la semilla. Se estudió el fenómeno del transporte hidráulico de la semilla del café en tuberías cerradas y el lavado ocasionado en este proceso, de forma que se pueda disponer de un proceso mecánicamente eficaz, que no comprometa la viabilidad de la semilla y se determinaron para la semilla de café, a ser secada en un secador de bandejas, los valores más adecuados de la temperatura del aire de secado y el contenido de humedad final del producto, para mantener su calidad fisiológica.

MATERIALES Y METODOS

Las actividades experimentales correspondientes al beneficio de la semilla del café se realizaron en el Beneficiadero para Experimentación del Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas. Las operaciones de despulpado, lavado mecánico, transporte hidráulico y secado artificial fueron estudiadas en equipos comerciales y en prototipos de laboratorio, según se describe a continuación.

Despulpado. En las diferentes pruebas se usó café cereza Variedad Caturra, recién cosechado, proveniente de un mismo lote. El café fue clasificado por tamaño en un equipo de doble zaranda cilíndrica, de barras paralelas concéntricas, capaz de separar café cereza de manera que la mínima dimensión del fruto estuviera comprendida entre 11 y 13 mm.

Homogeneizado. El café clasificado fue homogeneizado sobre una superficie amplia, mezclado repetidas veces hasta observar una buena distribución de los granos maduros, pintones y pasillas. Las unidades experimentales fueron obtenidas tomando al azar, de toda la masa de granos, pequeñas cantidades de cerezas hasta completar 20 kg.

Se usaron dos despulpadoras de cilindro horizontal:

- Despulpadora Cordillera de tres chorros
- Despulpadora Comité Caldas N°3

Las rotaciones de operación de las máquinas fueron ajustadas usando un motor de velocidad variable y un tacómetro, acoplados al eje de la despulpadora.

El café fue despulpado utilizando diez condiciones diferentes de operación de las máqui-

nas, resultado de la combinación de cinco velocidades del cilindro 120, 140, 160, 180 y 200 rpm y dos cantidades de agua, 1 y 2 litros de agua por kilogramo de café cereza. En cada prueba se determinó el rendimiento de la máquina y la calidad del despulpado. De cada una de estas determinaciones se hicieron seis repeticiones.

El rendimiento fue determinado a partir de las medidas de la cantidad del producto despulpado y del tiempo utilizado por la máquina.

La calidad del despulpado fue analizada con base en la norma ICONTEC para despulpadoras (10), que indica los valores mínimos aceptables de la cantidad de granos en la pulpa; de la pulpa en los granos despulados; de los granos mordidos y de los granos trillados. Durante el despulpado de cada una de las unidades experimentales se tomaron periódicamente muestras de 300 g de la pulpa del café proveniente de la máquina.

La capacidad germinativa de la semilla fue determinada con base en las pruebas de germinación, de la siguiente manera: de cada muestra se tomaron al azar 200 semillas y se les retiró manualmente el pergamino, con el fin de acelerar la germinación. Para la desinfección, las semillas fueron sumergidas por un tiempo aproximado de 30 minutos en una solución de Difolatan® y Benlate® (2,5 g de Difolatan® y 0,6 g de Benlate®, en un litro de agua destilada). Transcurridos 30 minutos, fueron sometidas a tres enjuagues con agua destilada, con el fin de remover cualquier residuo de la solución. Se sembraron en cajas plásticas cuatro repeticiones de 50 semillas cada una, colocándolas sobre un papel absorbente que mantuviera una reserva de agua. Los registros de germinación se hicieron durante un mes, a intervalos de cinco días, tomando como criterio de germinación cuando

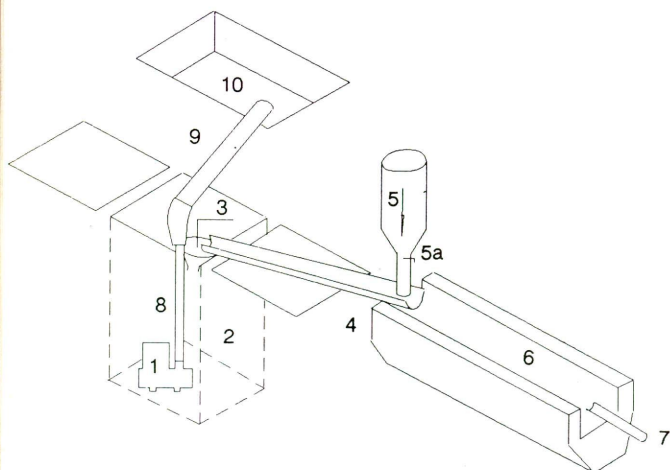
la radícula presentaba una longitud de 0,5 cm y curvatura geotrópica. Para comparar el efecto relativo de los daños ocasionados por las máquinas despulpadoras, en sus diferentes condiciones de trabajo, se escogieron como testigo, semillas de café despulpado manualmente.

Lavado mecánico. En las pruebas de lavado mecánico se usó café pergamino fermentado. Las cantidades de granos trillados y mordidos fueron determinadas para cada lote de café, previamente a cada prueba.

En la Figura 1 se muestra el equipo experimental usado para el estudio del transporte hidráulico de mezclas de agua-café en tuberías cerradas.

Las mezclas agua-café fueron impulsadas inicialmente por un tramo de tubería vertical de PVC de 3 m de longitud y 7,62 cm de diámetro (3") [8]; posteriormente se sustituyó el tramo de 3 m por otro de 1 m de longitud. Los tramos de tubería vertical se acoplaron individualmente a la brida de salida de una motobomba centrífuga sumergible (marca IHM de 1,0 hp). Se usó una tolva de alimentación de grano [5] para suministrar el café de manera controlada a un canal de transporte [4]. Un tanque [6] alimentado por una fuente de agua suministró el agua necesaria para transportar el café por el canal. En la parte final de este canal se colocó una pequeña tolva con un tramo de tubería de 15,2 cm (6") [3], para conducir la mezcla hasta un sitio cercano a la succión de la bomba [1].

Se realizaron doce tratamientos de bombeo de las mezclas agua-café, como resultado de la combinación de los dos niveles de descarga, tres relaciones de la mezcla agua-café y la variación del número de circulaciones consecutivas por la bomba. Las relaciones agua-café usadas fueron 3:1, 2:1 y 1:1 (partes de agua:partes



- [1.] Bomba centrífuga sumergible IHM de 1,0 h.p
- [2.] Foso de la bomba
- [3.] Tolva de recibo y conducción del grano al foso de la bomba.
- [4.] Canal de transporte.
- [5.] Tolva de alimentación de grano.
- [6.] Tanque de suministro de agua.
- [7.] Fuente de agua.
- [8.] Tramo tubería vertical para impulsión de la mezcla.
- [9.] Tubería conductora al tanque de muestreo.
- [10.] Tanque de recibo y de muestreo.

Figura 1. Equipo experimental para el estudio del transporte hidráulico del café.

de café, en base a volumen). Los niveles de descarga utilizados fueron 1,0 y 3,0 metros y el café se recirculó por el sistema de transporte una y tres veces.

La proporción de café en la mezcla se controló por medio del cierre o apertura manual de la compuerta de regulación de la tolva de alimentación [5a]. Para cada posición de la compuerta se hizo un aforo volumétrico con el fin de cuantificar los volúmenes de agua y de café transportados y así poder determinar con exactitud la relación de mezcla utilizada.

Después de cada tratamiento de bombeo se determinó la calidad física de los granos y la capacidad germinativa de la semilla. Las cantidades de granos trillados y mordidos presentes en el café después del bombeo, fueron determinadas mediante la inspección de muestras, separación de los granos con daño y su medición en peso. Con el fin de obtener un dato representativo del daño causado al grano, durante el bombeo se tomaron seis muestras al azar del café, previamente homogeneizado. La capacidad germinativa de la semilla se determinó a partir de las pruebas de germinación.

Secado. La semilla de Variedad Caturra fue secada en un secador experimental de bandejas, con flujo de aire en dirección perpendicular y a través de las capas estáticas de café (Figura 2). En este equipo el aire se calienta mediante resistencias eléctricas, en un rango de 25 a 70°C con control de $\pm 1^\circ\text{C}$. El flujo del aire es controlado por medio del cierre o apertura de una compuerta, en un rango de 15 a 40 m³/min.m². Un sistema de compuertas permite hacer una inversión del flujo del aire o recircular el aire de secado. El secador posee cinco niveles, en cada uno de los cuales se coloca una bandeja con un área efectiva de secado de 0,33 m².

En cada uno de los cinco niveles se colocó una bandeja con una capa de 10 cm de café recién lavado con una carga de 69 kg/m². El café fue sometido a tres tratamientos de secado usando aire a 30, 45 y 60°C. El flujo de aire se controló de acuerdo a las temperaturas antes mencionadas en 37; 68 y 92 m³/min, por tonelada de café pergamino seco (c.p.s.).

La evolución del secado para cada tratamiento fue determinada con base en muestras tomadas periódicamente durante todo el proceso

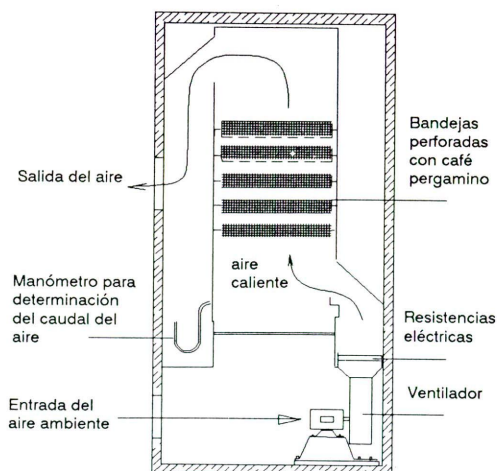


Figura 2. Equipo experimental para el estudio del secado de semillas de café.

de secado de los cinco niveles del secador. A estas muestras se les midió su contenido de humedad por el método directo de la estufa (25 g de café pergamino durante 24 horas a 105°C).

La temperatura del grano, en los niveles inferior, medio y superior del secador fue determinada periódicamente durante todo el proceso de secado, utilizando el método de Sievetz y Desroiser (16). En efecto, las muestras fueron removidas del secador y colocadas rápidamente en un envase relativamente grande, aislado térmicamente. Al termo se le colocó un termómetro y después de 2 a 3 minutos se registró la temperatura de equilibrio de la interfase aire-sólido, que corresponde muy aproximadamente a la temperatura del grano de café.

El flujo del aire se estimó aplicando la ecuación de pérdidas de presión a través de una capa de café pergamino, propuesta por

Oliveros y Roa (11). La caída de presión estática del aire al atravesar la capa de grano fue medida por medio de un manómetro diferencial.

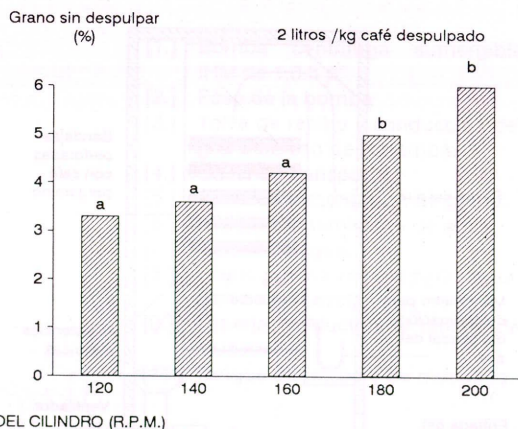
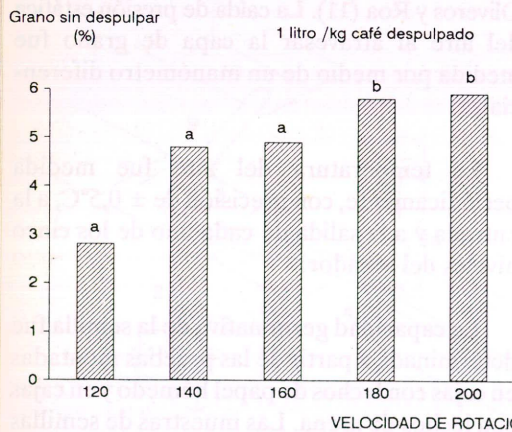
La temperatura del aire fue medida periódicamente, con precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, a la entrada y a la salida de cada uno de los cinco niveles del secador.

La capacidad germinativa de la semilla fue determinada a partir de las pruebas montadas en cajas con lechos de papel húmedo y en cajas con lechos de arena. Las muestras de semillas se retiraban periódicamente durante todo el proceso de secado de las bandejas inferior, media y superior del secador.

RESULTADOS Y DISCUSION

Despulpado. Los resultados obtenidos para las diferentes pruebas según las condiciones de operación de las máquinas despulpadoras, Figura 3, indican que la cantidad de granos sin despulpar que pasan con la masa de granos despulpados, se incrementa a medida que se aumenta la velocidad de rotación del cilindro. No obstante, el incremento en la cantidad de granos sin despulpar es significativo solamente cuando la velocidad de rotación del cilindro supera las 160 rpm de las despulpadoras Cordillera y Comité de Caldas.

El incremento de la cantidad de pulpa en el grano despulpado, como resultado del aumento de las rotaciones del cilindro, fue menor que los valores obtenidos del grano sin despulpar. Sin embargo, los resultados muestran que se pueden presentar incrementos considerables de la pulpa en el grano si se utilizan velocidades superiores a 180 rpm.



Nota: Las barras con las mismas letras minúsculas no difieren entre sí al nivel del 5% de probabilidad según la prueba de Tukey. (Los datos fueron transformados para el análisis según la relación $X + 0,5$).

Figura 3 Cantidades de grano sin despulpar según la rotación del cilindro de la máquina Cordilleras y el consumo de agua.

De otra parte, para velocidades de rotación del cilindro entre 120 y 200 rpm no se observan diferencias entre las cantidades de granos trillados y/o granos mordidos en los diferentes ensayos efectuados.

En los resultados obtenidos para los tratamientos de despulpado en los que se emplea diferente cantidad de agua para despulpar (1 o 2 litros de agua por kilogramo de café cereza e igual velocidad de rotación del cilindro), se observa que tanto las cantidades de granos trillados, granos mordidos, granos sin despulpar y pulpa en el grano, no difieren significativamente entre sí (Figura 3).

En cuanto al efecto del daño mecánico del despulpado sobre la capacidad germinativa de la semilla, se encontró que las semillas despulpadas, tanto en la máquina Cordilleras como en la Comité Caldas No. 3, mantuvieron una alta capacidad germinativa. Los porcentajes de germinación permanecieron superiores al 93% y la reducción promedia en el porcentaje

de germinación con respecto al testigo (muestra despulpada manualmente), para los granos despulpados en las máquinas Cordilleras y Comité de Caldas No. 3 fueron de 3,8% y 2,8% respectivamente.

La calidad fisiológica de la semilla no es afectada considerablemente por la acción de su paso por la despulpadora. En todos los casos los porcentajes de germinación de las muestras de semillas despulpadas permanecieron superiores al 93%.

En la Tabla 2 se observan los resultados de las pruebas de germinación realizadas con muestras de granos escogidos con daños físicos causados en las operaciones de despulpado. Con relación a las muestras sin ningún daño (muestra testigo), las semillas rayadas y mordidas perdieron entre el 45 y 56% de su poder germinativo.

No se observó ningún efecto de la cantidad de agua usada para el despulpado sobre la cantidad de granos trillados, mordidos y en general,

TABLA 2. Capacidad germinativa (%) en muestras de semillas rayadas o mordidas durante el despulpado.

Tipo daño en almendra	Promedio de germinación
Sin daño (testigo)	90
Rayada	50
Mordida	40

sobre los aspectos que rigen la calidad del despulpado, dentro del rango de niveles usados en el estudio (1 y 2 litros de agua por kilogramo de café despulpado).

Lavado mecánico. El lavado del café fermentado, como resultado de la acción del bombeo y del transporte de la mezcla de agua y café, afecta en cierto grado la calidad física del grano. La cantidad de granos trillados obtenidos por el lavado mecánico durante el transporte hidráulico de una mezcla agua-café es función del número de pases por la bomba, de la proporción de café en la mezcla y de la altura de bombeo.

En la Figura 4 se observan los resultados obtenidos del estudio del lavado del café mediante el bombeo hidráulico (lavado mecánico). En el bombeo de las mezclas con menor proporción de aguas se obtienen los mayores incrementos de los granos trillados. Este incremento aumentó cuando la mezcla fue reciclada 3 veces a través de la bomba y también, cuando la altura de bombeo se aumentó de 1 a 3 metros.

El incremento mayor en la trilla de los granos obtenido fue del 2%, que correspondió a transportar una mezcla de agua y café en proporción de 1:1, hasta una altura de tres metros y se recirculó tres veces a través de la bomba. El incremento de los granos mordidos en las diferentes pruebas realizadas fue inferior al 0,4%.

Cuando se bombean repetidas veces, mezclas con alta proporción de café, se pueden presentar incrementos en la cantidad de granos trillados muy cercanos al valor máximo permitido para la comercialización de cafés de primera calidad. Por ejemplo una mezcla con relación agua-café de 1:1, bombeada tres veces por un tramo de 3,0 m de tubería vertical por una

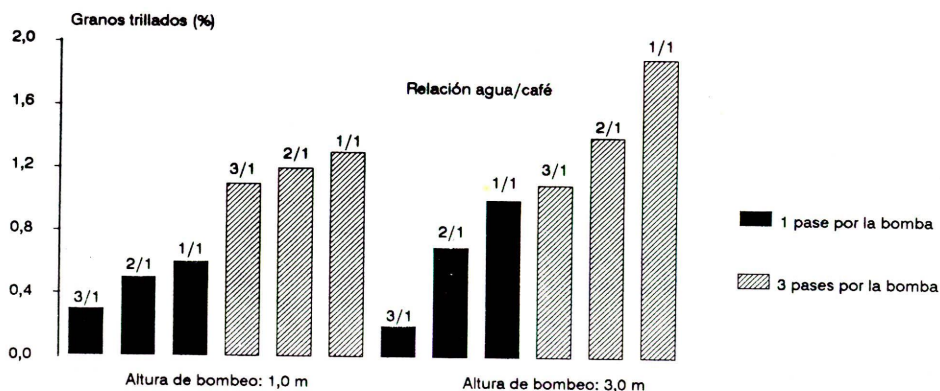


Figura 4. Granos trillados para diferentes mezclas de agua/café, a diferentes alturas de bombeo y diferente número de pases por la bomba.

tubería de PVC de 3" (7,62 cm de diámetro), presenta incrementos en la cantidad de granos trillados del orden del 2%. Por consiguiente, en estos casos de recirculación del café por la motobomba, es recomendable el uso de una baja proporción de café (relación agua-café de 3:1).

En los resultados presentados en la Tabla 3, se observa que los porcentajes de germinación de las muestras de semilla, obtenidos después de las diversas pruebas de lavado mecánico, se mantuvieron por encima del 90%. Aparentemente la semilla resistió adecuadamente los esfuerzos mecánicos ocurridos durante el transporte, para todos los tratamientos.

Secado. Se observó que para las temperaturas de 45°C y 60°C, del aire de secado, la capacidad germinativa de la semilla se redujo gradualmente, a medida que evolucionaba el secado. Esta pérdida de la capacidad germinativa fue más rápida para las semillas secadas con aire a 60°C.

Al analizar la evolución del calentamiento de la semilla durante el secado, se observó que la

Germinación (%)

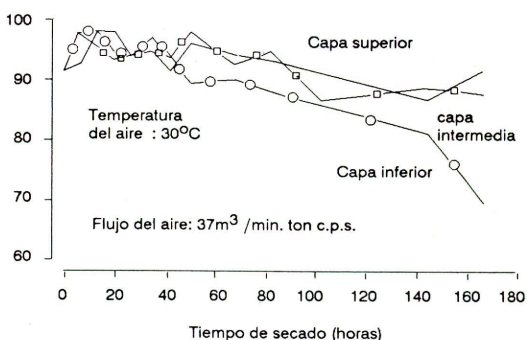


Figura 5. Capacidad germinativa de la semilla durante el secado.

germinación de las muestras empezaba a reducirse cuando éstas habían alcanzado temperaturas superiores a 40°C. Este fenómeno ocurrió independientemente de la humedad de la semilla que tenían en ese instante. Además, la germinación de las muestras de semilla se redujo más drásticamente cuando éstas se secaron por debajo del 10% (b.h.) de humedad.

TABLA 3. Capacidad germinativa de la semilla en muestras procedentes del lavado durante el transporte hidráulico en tubería cerrada.

Número pases por la bomba	Altura de descarga					
	1,0 m			3,0 m		
	Relaciones agua-café (volumen)					
	1:1	2:1	3:1	1:1	2:1	3:1
*	95	96	97	93	90	93
1	94a	97a	93a	92a	92a	93a
3	93a	96a	94a	94a	90a	90a

*Muestra sin bombear (Testigo).

Los valores medios seguidos de la misma letra para cada número de pases, no difieren entre sí al nivel del 5% de probabilidad, según la prueba de Tukey (datos transformados).

Para la prueba de secado con aire a 30°C, en la capa superior e intermedia, con relación a su posición en el secador, la germinación de las muestras de semilla se redujo ligeramente (Figura 5), pero en ningún instante fue inferior al 87%. En la capa inferior, que corresponde a la capa expuesta directamente al aire entregado por el equipo secador, hubo una reducción apreciable de la germinación en las muestras. Este fenómeno puede ser explicado por el sobresecamiento de dichas muestras (humedades finales inferiores al 10% b.h.) y no debido al daño por altas temperaturas.

LITERATURA CITADA

1. ARCILA P., J. Influencia de la temperatura de secado en la germinación de semillas de café. *Cenicafé* (Colombia) 27(2):89-90. 1976.
2. BACCHI, O. Seca de semente de café ao sol. *Bragantia* (Brasil) 14:225-236. 1955.
3. BAUDET, L.; POPINIGIS, F.; PESKE, S. Danificações mecánicas en sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill), transportadas por un sistema elevador-secador. *Revista Brasileira de Armazenamento* (Brasil) 4:29-38. 1978.
4. CORREA, P.A. Evaluación del secado del café (*Coffea arabica*) en un secador intermitente de flujos concurrentes. Medellín (Colombia), Universidad Nacional de Colombia, 1988. 258p.
5. CROKER, W.; BARTON, L.V. Physiology of seeds. *Waslthan* (Estados Unidos), *Chronica Botánica* Co, 1957. 267p.
6. DAVILA, C.S. Importancia, procedimiento y aspectos prácticos en el secado de semillas. Memorias del curso de actualización sobre tecnologías de semillas, Universidad Autónoma Agraria Anto-

nio Nariño Narro. Asociación Mexicana de Semilleros, A.C. Amsac, 1982; 37-46.

7. BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. *Drying cereal grains*. 2n ed. Westport, Connecticut (Estados Unidos) Avi Publishing Company, 1974. 265p.
8. GHOSH, B.N. Suitability test of pumps for mechanical transport of coffee in factory. *Kenya coffee* (Kenia) 29 (341): 185, 187, 189, 191. 1964.
9. HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packing seeds to maintain germination and vigor. *Proceeding Mississippi short course for seedsmen*. 1959. page 89-107.
10. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Norma No. 2090. Maquinaria Agrícola. Despulpadoras de café, Norma C2.71181. Bogotá. (Colombia), ICONTEC.
11. OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Pérdidas de presión por el paso del aire a través de café pergamino, variedad Caturra dispuesto a granel. *Cenicafé* (Colombia) 37(1):23-37, 1986.
12. ROSSI S., J. Ar natural e bomba de calor na secagem e armazenamento de sementes de soja. Campinas, (Brasil). Universidade Estadual de Campinas (Tese de mestrado). 1980. 178p.
13. SIERRA G., F. Evaluación de la pérdida de calidad de la semilla de café durante su beneficio. Cali (Colombia), Universidad del Valle, 1988. 155p. (Tesis de Ingeniero Agrícola).
14. SIERRA G., F.; ROA M., G.; FERNANDEZ Q., A. Pérdidas de presión en transporte hidráulico de café. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, sf. (artículo de preparación).
15. SILVEIRA M., P. A vitalidade das sementes do café. *Revista do Departamento Nacional do Café* (Brasil) 24:402-501, 601-661.
16. SIEVETZ M., CM.; DESROISER N.W. *Coffee Technology*. Westport, Connecticut (Estados Unidos) AVI Publishing Company, 1979. 716p.