

SECUENCIA DE OPERACIONES EN LA PREPARACION DE CAFE ORO Y SU INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO DE LOS CLASIFICADORES ELECTRONICOS¹

Ronald Jiménez *

Carlos Soto **

ABSTRACT

Operations sequence in the preparation process of green coffee and its influence on the performance of the optical sorters. The performance of four types of optical sorters was evaluated. Three of these equipments are between 8 and 15 years old and the fourth is a last year model. The investigation was conducted at an industrial level, using a batch of coffee highly contaminated with defective grains by color. Before the optical sorting, the grain lot was subjected to three different operation sequences for the calibration of green coffee grains. The usual process used at the industrial plant, and taken as the control sequence (I), involved the following: classification by density (d) → optical sorting by color (c). The alternative sequences included size classification (s), according to the following steps: II: d → s → c; III: d → s → d → c. The main objective of the two experimental sequences was to obtain a batch of coffee with grains uniformly distributed in size, shape and density. Results showed that all optical sorters improved their performances when the experimental sequences II and III were used for green coffee preparation, as compared to the control sequence. The best achievement was obtained with sequence III. The 8-year old sorter greatly improved its efficiency, yielding 99,2% of the final product as grain considered suitable for exportation, as compared to 93,2% obtained when used with sequence I. The last year model equipment also increased its effectiveness, from 97,8% with sequence I, to 99,1% when used in combination with sequence III. The other types of equipment showed only a minor improvement in performance.

INTRODUCCION

El café producido en Costa Rica se comercializa en la condición de grano seco, denominado "café oro". Este producto se obtiene mediante el

proceso de beneficiado, el cual comprende una serie de operaciones practicadas a la fruta recién cortada del campo. El beneficiado culmina con el proceso de "acondicionamiento", cuyo objetivo es la preparación de lotes de café oro exentos de granos defectuosos, a fin de cumplir con las normas establecidas por los compradores del exterior. El acondicionamiento consiste en operaciones de limpieza, clasificación por tamaño, clasificación por densidad y clasificación o escogido por color. El proceso contempla la organización de estas operaciones en una secuencia.

En el país se acostumbra elegir la secuencia con base al análisis cualitativo de una muestra. De

-
- 1/ Recibido para publicación el 10 de octubre de 1994.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica. Beneficiario del Programa de Apoyo a Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT). San José, Costa Rica.
** Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

acuerdo a este criterio, se verifica la presencia de granos indeseables, se les identifica y se sugieren operaciones específicas para eliminarlos del lote en cuestión. Se ataca individualmente cada tipo de defecto, seleccionando operaciones particulares, por lo que usualmente no se mantiene una secuencia estándar. Este procedimiento parece erróneo si se considera que Wilboux (1962) recomienda la secuencia de clasificación por tamaño, seguida de una clasificación por densidad, como fundamento del acondicionamiento.

La presencia de granos negros, rojos o amarillos es causa de fuerte reclamo de parte de los compradores, ya que induce sabores atípicos en la prueba de taza. La eliminación de estos granos defectuosos le corresponde a los clasificadores electrónicos ópticos (por color), como última operación de la secuencia de acondicionamiento.

En el país se ha discutido sobre las deficiencias del proceso de preparación de café para la exportación (acondicionamiento), y se percibe algún desconocimiento de los fundamentos de este proceso, que sumado a un uso limitado de los recursos técnicos, tales como el análisis granulométrico y su empleo en sistemas de control de calidad, control de inventarios y toma de decisiones en el proceso, ha generado una confusión en el manejo de este proceso. Estas situaciones dieron fundamento a esta investigación.

La investigación partió del siguiente supuesto: "la eficiencia de los clasificadores ópticos de café es afectada por la secuencia previa empleada

en el proceso". El objetivo es comprobar si mediante el empleo de la secuencia de operaciones recomendada se alcanzará la máxima reducción de granos defectuosos, elevando la eficiencia de la clasificación por color. Además, se procura identificar la maquinaria más adecuada para la organización óptima del proceso de acondicionamiento, realizado a nivel industrial.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la planta del Beneficio San Joaquín, propiedad de FEDECOOP R.L. Los escogedores electrónicos evaluados son los instalados en este beneficio, incluyendo un equipo último modelo, que estaba bajo prueba en la época en que se realizó este experimento. El análisis de laboratorio se efectuó en el Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica.

La evaluación se efectuó durante un proceso de acondicionamiento de café despergaminado a nivel industrial, también conocido como beneficiado seco, con los equipos y maquinaria normalmente utilizados y con un volumen de grano a procesar de 24 000 kg/lote, usual para el Beneficio San Joaquín u otro similar en nuestro país.

Secuencias de operaciones investigadas

El lote de grano se sometió a 3 tipos de tratamientos, a saber:

| | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------------|---|-------------------------------------------|---|-------------------------------------------|
| SECUENCIA I | Clasificación por densidad | → | Clasificación electrónica por color | | | | |
| SECUENCIA II | Clasificación por densidad | → | Clasificación por tamaño (tamizado) | → | Clasificación electrónica por color | | |
| SECUENCIA III | Clasificación por densidad | → | Clasificación por tamaño (tamizado) | → | Clasificación por densidad | → | Clasificación electrónica por color |

La secuencia I se tomó como el proceso testigo, pues es la que usualmente se emplea en este beneficio. Las secuencias II y III fueron los procesos alternativos propuestos para la investigación.

La secuencia II procuró proveer al equipo electrónico un lote de grano homogéneo en forma y tamaño. Esta característica es muy importante, pues teóricamente debe incrementar la eficiencia de operación de los clasificadores electrónicos (Wilboux, 1962), ya que el patrón de deslizamiento en la canaleta inclinada y las fuerzas de fricción y gravedad que afectan a la corriente de granos son influenciados por la uniformidad en tamaño, forma y densidad de las partículas.

La secuencia III debería proporcionar al equipo de clasificación por color, un lote con un porcentaje de grano defectuoso inferior al obtenido con las secuencias I y II, de acuerdo con la teoría de Wilboux (1962). Esto favorecería el acondicionamiento, resultando en la máxima eliminación del grano defectuoso. Además, se mejoraría la uniformidad de la corriente de grano, lo cual sucede también con la secuencia II.

Tratamiento del lote de grano

Se tomó un lote de 24,000 kg de café oro con un 10% de grano defectuoso por su color (negro, rojo y ambarino). Se dividió en 2 sublotes iguales. Un sublote se destinó a la secuencia testigo. El otro sublote fue sometido al proceso de clasificación por tamaños, obteniéndose 2,640 kg de grano de tamaño No.18, que se utilizaron para la secuencia II, y 4,140 kg de tamaño No. 17, que se destinaron para la secuencia III.

La clasificación por densidad se efectuó en mesas gravimétricas, mientras que la clasificación por tamaños se hizo con aparatos de cribas planas oscilantes. Esta maquinaria es de fabricación costarricense.

Bandas de tamaños seleccionadas para las 2 secuencias alternativas

El sublote de grano clasificado por tamaño se fraccionó en sub-sublotes que formaron bandas de tamaño y forma. El resto se descartó.

La muestra se fraccionó en 8 bandas de grano plano convexo, retenidas por tamices con aberturas circulares, con diámetros que van desde 20/64" (7,94 mm), que corresponde al tamiz No.20, hasta 14/64" (5,56 mm), correspondiente al tamiz No.14, y una banda de granos de tamaños

inferiores a 14/64". De acuerdo a este criterio, el café que es retenido sobre el tamiz No. 18, está conformado por granos plano convexos con un ancho de 18/64". También hay 4 bandas de grano elipsoidal, retenidas por tamices con aberturas oblongas, con anchos desde 13/64" (5,16 mm) hasta 10/64" (3,97 mm).

De las 12 bandas de tamaño y forma que se obtuvieron del lote original, se seleccionaron las retenidas por los tamices No. 17 y 18, considerando que son las de mayor importancia comercial, aparte de que son las que produce en mayor porcentaje la variedad caturra. Además, el proceso de experimentación práctica sería largo y costoso si se pretendiera aplicarlo a todas las bandas de tamaño obtenidas.

Evaluación de los clasificadores electrónicos

Se sometieron a prueba 4 tipos de equipos para clasificación electrónica por color, debidamente calibrados: un equipo último modelo (1993), con la mejor tecnología disponible en el momento (XELTRON 30R-MP) y 3 equipos instalados en el beneficio, con edades de 8, 12 y 15 años (SORTEX-1161, DELTA GB-100 y XELTRON KROMA), designados para efectos de este trabajo como A, B, C y D, respectivamente. La premisa que se establece aquí es que a mayor antigüedad, menor debería ser la eficiencia del aparato para realizar la separación de granos defectuosos.

La eficiencia de los equipos se midió por la diferencia entre el grado de contaminación del lote de grano, antes y después del proceso de escogido por color. La eficiencia del equipo electrónico también refleja la del proceso de acondicionamiento, que lleva implícita una secuencia de operaciones previa al escogido por color.

Muestreo de grano en los clasificadores

Se sometieron a prueba 3 aparatos de cada uno de los 4 tipos de escogedores electrónicos evaluados. Se tomaron 3 muestras de 2 kg por aparato, a intervalos de 2 min, para cada una de las 3 secuencias de acondicionamiento, produciendo un total de 108 muestras. El muestreo se realizó con el proceso operando a nivel industrial.

Análisis de laboratorio

El procedimiento de referencia utilizado para el análisis de muestras fue el método para análisis granulométrico, modificado para contenido de grano defectuoso, del British Standard Methods Of Test for Coffee and Coffee Products (1981).

Este es un método de rutina para llevar a cabo el análisis de grano entero de café en almendra, por tamizado manual, usando una serie de 12 tamices para pruebas de laboratorio. El análisis permite calcular el porcentaje por peso presente en cada banda de tamaños de la muestra. Cada tamiz retiene una banda de tamaño, según la forma plano-convexa o elipsoidal del grano. La modificación consiste en el fraccionamiento de la muestra, conforme al color del grano, para así calcular también el porcentaje por peso de grano defectuoso retenido en cada banda de tamaño y forma.

El clasificador electrónico genera 2 sublotos, uno es el de producto terminado y el otro es el de grano rechazado por el ojo electrónico. La presentación de resultados se hizo con las muestras correspondientes al lote de producto terminado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como primer paso de análisis en el laboratorio, se inspeccionó la composición de cada lote tratado, seccionándolo en 12 bandas de tamaño y forma del grano. La muestra se fraccionó en 8 bandas de grano plano convexo (20 al 14) retenidas por tamices con aberturas circulares y 4 bandas de grano elipsoidal (13 al 10).

El recuadro superior de la Figura 1 muestra la composición del lote de producto terminado, obtenida con los 4 clasificadores ópticos evaluados, luego del acondicionamiento del grano utilizando la secuencia I. Se puede observar que la clasificación por densidad del lote, originalmente heterogéneo en tamaños, produjo una distribución normal de la masa. Consecuentemente, el escogedor electrónico tuvo que tratar una corriente de partículas de diferente tamaño, forma y densidad.

El recuadro intermedio muestra la composición granulométrica del lote terminado mediante la secuencia II. La clasificación procuró generar un lote compuesto de grano plano convexo, retenido sobre el tamiz No.18 (incluye también el retenido por los tamices No.19 y 20), libre de grano elipsoidal y de tamaños inferiores. La presencia de bajos porcentajes de los tamices No.17, 16 y 15 y elipsoidales, se debe a que estos granos no tuvieron oportunidad de pasar por la criba. La pureza de clasificación fue menor al 85% con un solo paso por la criba.

El recuadro inferior muestra la composición para la secuencia III, que procuró producir un lote de grano sobre tamiz No.17 exclusivamente. La

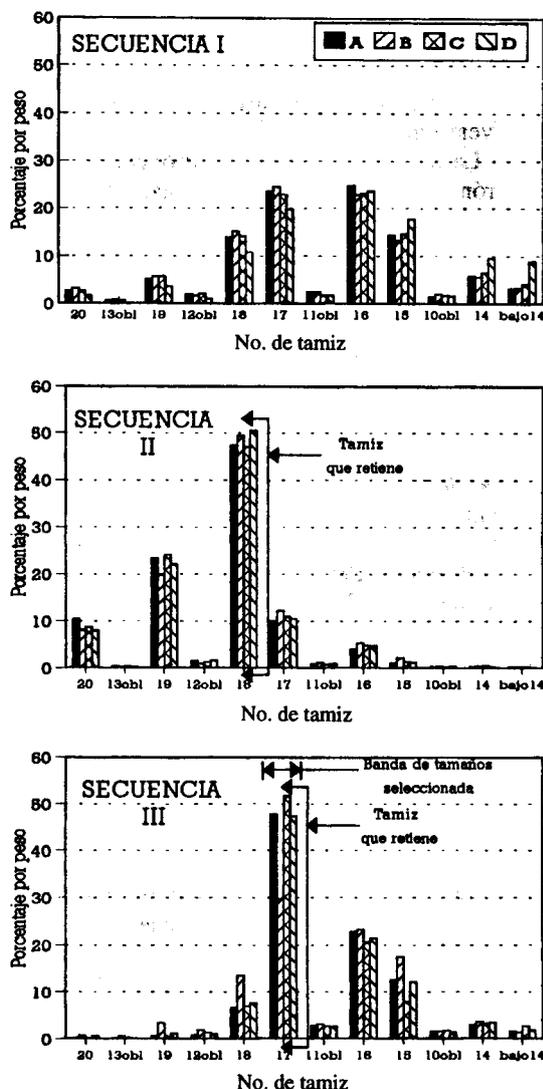


Fig. 1. Granulometría del lote de producto terminado según la separación efectuada con cuatro clasificadores ópticos (A, B, C y D).

presencia de un 50% de grano de otros tamices puede explicarse por el efecto de la posterior clasificación por densidad y por el grado de pureza logrado en el cribado. Al escogedor electrónico no se le ofreció un lote de grano de un solo tamaño, pero sí predominante en 3 bandas de tamaño y densidad similar.

La Figura 2 muestra la composición del segmento de grano defectuoso presente en el lote de producto terminado. Se puede apreciar el grado de

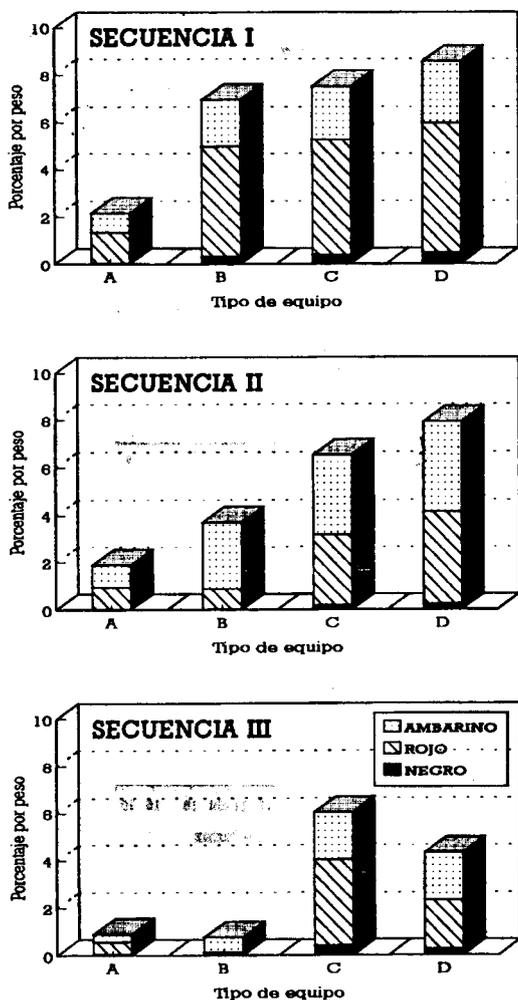


Fig. 2. Composición del segmento de grano defectuoso presente en el lote de producto terminado, según la separación efectuada con cuatro clasificadores ópticos.

depuración logrado por los clasificadores ópticos, luego de cada una de las secuencias de acondicionamiento. Cada escogedor debía expulsar del lote 3 tipos de granos: negros, rojos y ambarinos. El porcentaje por peso es la masa conjunta de grano defectuoso que cada clasificador no logró eliminar.

En el recuadro superior se aprecia que para la secuencia I, el equipo último modelo (A) logró reducir a una tercera parte el porcentaje de grano defectuoso presente en el lote de producto terminado, en comparación a lo obtenido con los

clasificadores antiguos; también se observa que el desempeño de estos equipos fue similar entre sí. A pesar del buen resultado logrado con el escogedor moderno, el grado de depuración alcanzado es insuficiente para la venta del lote en mercados internacionales exigentes, pues solo se acepta grano con menos del 1,0% de grano defectuoso.

El recuadro intermedio muestra que, para la secuencia II, todos los clasificadores ópticos lograron una mayor reducción del grano defectuoso, que se traduce en un aumento de su eficiencia. También se observa como uno de los clasificadores antiguos (B) eleva sustancialmente su eficiencia con relación a los otros, pero que a pesar de esto, su nivel de grano defectuoso es aún el doble que el obtenido con el equipo moderno; éste a su vez mantiene un comportamiento similar al mostrado con la secuencia I.

En el recuadro inferior se aprecia que la mayor eficiencia de los clasificadores ópticos, reflejada por la máxima reducción del grano defectuoso, se consigue con la secuencia III. El equipo B disminuye marcadamente la presencia de grano defectuoso en el lote de producto terminado, alcanzando incluso un rendimiento ligeramente superior al del equipo moderno. Este a su vez reduce a menos de la mitad su porcentaje de grano no eliminado, en relación con las secuencias I y II. Los 2 restantes escogedores aumentaron su eficiencia, pero para las condiciones del lote tratado, la reducción en el grano defectuoso estuvo lejos de los niveles logrados por los otros escogedores, cuyo trabajo permitió alcanzar el objetivo del proceso de acondicionamiento.

Cuando el lote fue tratado con la secuencia III se obtuvieron resultados óptimos con 2 clasificadores ópticos (A y B). La Figura 3 permite inspeccionar el lote de producto terminado, a fin de observar las diferencias entre clasificadores, en cuanto a la presencia de grano negro, el defecto menos deseado. En los recuadros superiores se observa que el grano negro no eliminado por los escogedores de alto rendimiento, se ubicó en la banda de tamaños inferiores (menores que el tamiz No.14), que además es la fracción del lote con menor porcentaje por peso. En otras palabras, estos equipos lograron eliminar todo el negro de la fracción del lote que tiene granos de tamaño, forma y densidad similares. En los escogedores menos eficientes, el grano negro no eliminado se distribuyó en todo el lote, señal de que estos equipos no logran eliminar este defecto, aún

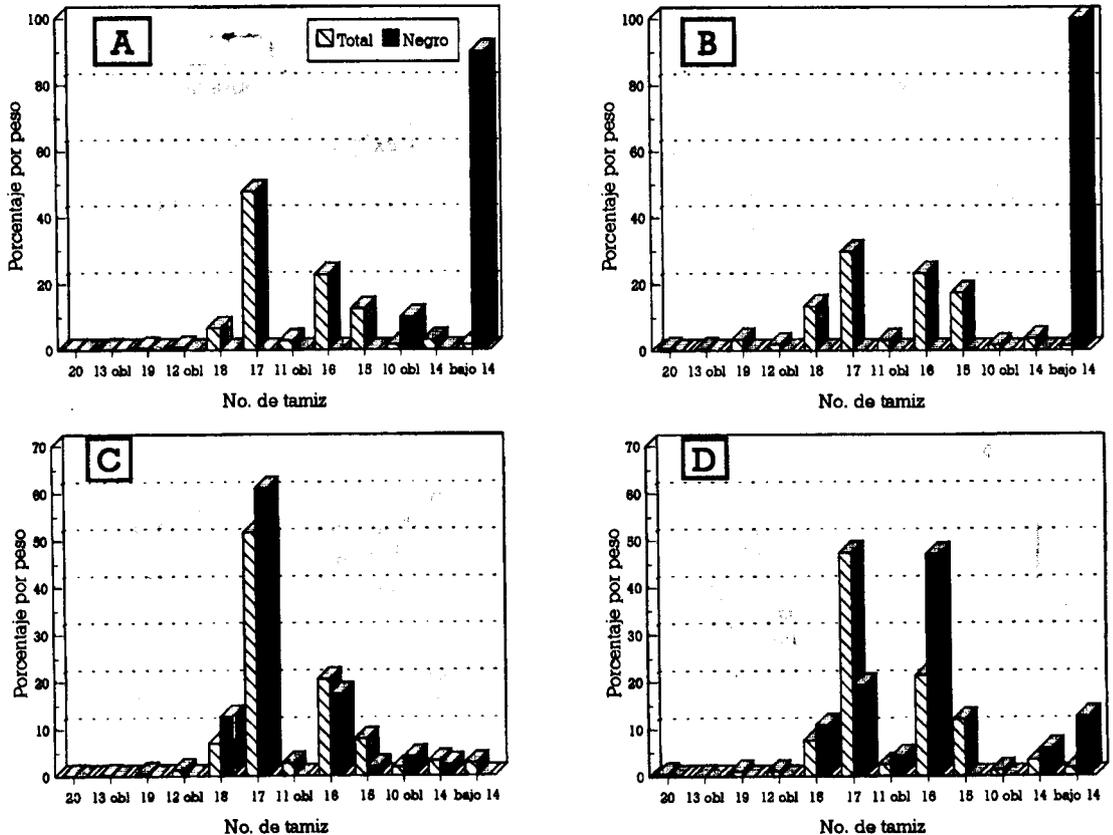


Fig. 3. Distribución granulométrica del peso total del lote de producción terminado y del grano negro para la secuencia III, según la separación efectuada con cuatro clasificadores ópticos.

cuando se les ofrezca una masa de partículas de características similares. Los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de grano ambarino conducen a las mismas observaciones. En referencia al grano rojo, con las secuencias I y II los patrones de distribución del defecto fueron diferentes para todos los escogedores, mientras que con la secuencia III la distribución fue similar para todos.

CONCLUSIONES

De la discusión de resultados se obtuvieron las siguientes observaciones de relevancia:

- Con la secuencia I, que entrega al escogedor electrónico una masa de grano heterogénea en tamaño, forma y densidad, el resultado obtenido por los clasificadores es muy pobre. Ni el equipo

más moderno, a pesar de obtener un rendimiento superior a los demás, es capaz de eliminar el grano defectuoso hasta el nivel esperado (menos de 1% por peso). Esto comprueba la teoría de que esta secuencia es inadecuada.

- Cuando se emplea la secuencia II, todos los equipos mejoran el grado de preparación del café, reduciendo el porcentaje de grano defectuoso presente en comparación con la secuencia I, destacándose la enorme superación en rendimiento que alcanza el equipo B, de 8 años de antigüedad. Sin embargo, solo el equipo A, con la última tecnología disponible, logra producir un lote de grano terminado con la calidad requerida para exportación a los mercados exigentes.

- Con la secuencia III, todos los escogedores elevan su eficiencia. El equipo B es el que responde mejor al tratamiento, evolucionando

radicalmente en su rendimiento con respecto a la secuencias I y II. Cuando procesa una masa de grano homogénea en forma, tamaño y densidad (secuencia III), entrega un producto final de calidad similar a la obtenida con el equipo moderno y que cumple con los estándares establecidos por los mercados internacionales más exigentes.

- Los equipos C y D no responden adecuadamente a la secuencia óptima de preparación del café, y por lo tanto se pueden considerar como obsoletos y no apropiados para la elaboración de café de primera calidad de exportación.

- Los equipos de mayor eficiencia presentan un comportamiento similar con la secuencia III: eliminan el grano negro y ambarino en la fracción del lote que es homogénea en tamaño y densidad. A su vez, los clasificadores ópticos menos eficientes muestran un patrón bien definido, en donde el grano defectuoso está distribuido uniformemente en todas las bandas de tamaños.

- La investigación logra comprobar la hipótesis de trabajo, pues los resultados obtenidos demuestran que la secuencia de acondicionamiento previa tiene influencia directa en la eficiencia de operación de los clasificadores electrónicos. Con el empleo de la secuencia III, teóricamente la más adecuada, se consigue la mejor calidad del producto terminado y se logra identificar los equipos electrónicos de mejor desempeño.

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de 4 tipos de equipo de clasificación electrónica de café oro por color, 3 con edades entre 8 y 15 años y un equipo último modelo. La investigación se realizó en un proceso a nivel industrial con lotes de grano altamente contaminados con grano defectuoso. Previa a la selección por color, el lote fue sometido a 3 secuencias de operaciones de calibración del café. La secuencia usual (I), que se tomó como testigo, consiste de: clasificación por densidad (d) → escogido por color (c). Las 2 secuencias alternativas incluyeron clasificación por tamaño (t), de acuerdo al siguiente orden: II: d → t → c; III: d → t → d → c. Su objetivo fue obtener un sub-lote homogéneo en tamaño, forma y densidad del grano.

La eficiencia de los clasificadores ópticos aumentó cuando se emplearon las secuencias experimentales II y III, en relación con la secuencia testigo. El mejor desempeño se obtuvo con la secuencia III. El equipo de 8 años de edad mejoró notablemente su eficiencia, pasando de 93,2% de grano exportable en el lote de producto terminado con la secuencia testigo, a un 99,2% con la secuencia experimental. El equipo último modelo también mejoró, pasando de 97,8% a 99,1%. Los otros 2 tipos de equipo solo mostraron un ligero incremento en su eficiencia.

Los clasificadores más eficientes lograron eliminar el grano defectuoso de la fracción del lote con granos de tamaño, forma y densidad similares; el grano defectuoso no eliminado se distribuyó en pequeñas cantidades de granos cuya granulometría no corresponde al tamaño y forma previsto por el proceso de calibración. Los clasificadores de baja eficiencia presentaron un patrón diferente, con el grano defectuoso repartido en toda la gama de tamaños y formas del café presentes en el lote de producto terminado.

LITERATURA CITADA

- ASOCIACION NACIONAL DE CAFE. 1985. Manual de beneficiado de café. Guatemala, s.n. 119 p.
- BRITISH STANDARD METHODS OF TEST FOR COFFEE AND COFFEE PRODUCTS. 1981. Green coffee: size analysis by manual sieving (Routine method). 4 p.
- DE GIALLULY, M. 1960. Factores que afectan la calidad intrínseca del grano de café. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 11 p.
- HENDERSON, S.M.; Perry, R.L. 1976. Agricultural process engineering. 3 ed. Wesport, Conn., The AVI Publishing Co. 442 p.
- MENCHU, J.F. 1973. Manual Práctico de beneficios de café. Asociación Nacional del Café de Guatemala. 96 p.
- SIVETZ, M. 1963. Coffee processing technology. Wesport, Conn., The AVI Publishing Co.
- WUILBAUX, R. 1962. Ingeniería rural: el beneficio del café. Boletín no oficial de trabajo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 232 p.