

Evaluación de la implementación de monitores de clasificación en la producción café pergamino
seco en el municipio de confines, Santander

Cenni Cortés Durán

Trabajo de grado para optar el título de Profesional en Producción Agroindustrial

Directora

Jennifer Ricaurte Galvis

Ingeniera Agrícola

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a distancia (IPRED)

Producción Agroindustrial

Bucaramanga

2020

Agradecimientos

A DIOS ante todo por permitirme lograr llegar hasta donde hoy me encuentro.

A mi esposo Luis Alberto Durán por su gran apoyo y dedicación por siempre brindarme una mano para salir adelante, a mis hijas Melissa y Mariana y demás familiares por ese apoyo que siempre me han regalado en las cosas buenas y en las dificultades, como esposa y madre.

A la Fundación Aurelio Llano Posada, al ingeniero Iván Darío Porras, al profesor Jairo Rueda, a la UIS, a todos los ingenieros, directivos, profesores, compañeros: Rubí, Luz Mila, Andrea y demás personas que me acompañaron de una u otra manera y han hecho que este sueño sea posible para mi crecimiento en la parte personal y profesional.

Cada una de las personas que favoreció y fortaleció mi transcurso a este proyecto que aunque no fue sencillo, con su amor, apoyo y bondad amenizaron un poco más las dificultades. Exalto cada una de las labores de ustedes, de todos aquellos que estuvieron presentes realizando sus aportes y dedicando gran parte de su tiempo al desarrollo del este proyecto.

Expreso mi gran afecto y respeto ante ustedes porque aunque no lo puedo catalogar como fácil disfruté cada momento de investigación y miles de emociones que se viven cada día desde su comienzo al día de hoy.

Tabla de contenido

Introducción	10
1. Objetivos.....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. Marco teórico	12
2.1. La industria de café en Colombia	12
2.2. El café	13
2.3. Beneficio del café	15
2.3.1. Método por Vía Seca	15
2.3.2. Método de Vía Húmeda.....	16
2.3.3. Método Honey o Miel.....	17
2.3.4. Beneficio Ecológico Módulo BECOLSUB	18
2.4. Clasificación del café.....	19
2.4.1. Factor de Rendimiento en Trilla	19
2.5. Monitores de clasificación	20
3. Revisión metodológica.....	22
3.1. Factor de Rendimiento en Trilla	22
3.2. Clasificación de defectos	23
3.3. Comparación de costos de clasificación y tiempos de clasificación.....	24
4. Resultados	24
4.1. Cálculo del Factor de Rendimiento en Trilla.....	24

4.2. Clasificación de defectos	28
4.3. Costos y tiempos de clasificación	31
5. Conclusiones	34
Referencias Bibliográficas	35

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación por defectos del café verde	23
Tabla 2. FRT del Café sin clasificar	25
Tabla 3. FRT del Café clasificado por zarandeo manual	25
Tabla 4. FRT del Café clasificado en monitor	26
Tabla 5. Análisis de varianza de los tres métodos	26
Tabla 6. Defectos del café sin clasificar	28
Tabla 7. Defectos Café clasificado por zarandeo manual	29
Tabla 8. Defectos Café clasificado en monitor	29
Tabla 9. Análisis en porcentaje de defectos tres métodos	30
Tabla 10. Tiempos de clasificación de cada muestra.....	32
Tabla 11. Costos de clasificación de cada muestra.....	33

Lista de figuras

Figura 1. Morfología del fruto	14
Figura 2. Secado de cereza.....	15
Figura 3. Lavado del café.....	16
Figura 4. Café Honey	17
Figura 5. Módulo Becolsub.....	18
Figura 6. Monitor de clasificación	21
Figura 7. Monitor de clasificación TIMAG	21
Figura 8. Módulo de beneficio finca Primavera	23
Figura 9. Análisis de los resultados y conclusiones.....	26
Figura 10. Diferencia honesta significativa	27
Figura 11. Factor de Rendimiento en Trilla.....	27
Figura 12. Defectos Muestra 1	28
Figura 13. Defectos Muestra 2.....	29
Figura 14. Defectos Muestra 3.....	30
Figura 15. Resultado de los tres métodos	30
Figura 16. Diferencia significativa	30
Figura 17. Porcentaje de defectos	31
Figura 18. Tiempos de clasificación de cada muestra	32
Figura 19. Costos de clasificación de cada muestra	33

Lista de apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. ANOVA café pergamino

Apéndice B. Cálculo FRT

Resumen

Título: Evaluación de la implementación de monitores de clasificación en la producción café pergamino seco en el municipio de confines, Santander.*

Autor: Cenni Cortés Durán.**

Palabras claves: Café, producción, pergamino seco, caficultura, agroindustrial.

Descripción:

El proyecto de investigación es denominado como: “Evaluación de la implementación de monitores de clasificación en la producción café pergamino seco en el municipio de confines, Santander”, el cual surge a partir de una necesidad observada en el proceso de producción del café, cuyo producto hace parte de los alimentos con mayor consumo en el mercado, por esta razón el proyecto está enfocado en el mejoramiento de la calidad de café pergamino, con el propósito de mejorar los ingresos de los caficultores para brindarles una mejor calidad de vida.

Teniendo en cuenta que al momento de realizar la venta de su producto se ven afectados en la calidad de la almendra del café y por ende este factor repercute en su precio afectando la producción realizada por el caficultor, se llevó a cabo la evaluación mediante tres métodos de clasificación de café pergamino seco: Sin clasificar, café clasificado con zarandeo manual y clasificado con monitor. A partir de este estudio se analizaron las muestras por el factor de rendimiento en trilla y el porcentaje de defectos de cada uno de los tres métodos, de esta forma se obtuvieron los resultados que fueron interpretados mediante el método estadístico ANOVA. Finalmente con la evaluación realizada se llegó a la conclusión que de los tres métodos analizados el de mayor eficiencia y más económico es el método clasificado con monitor.

*Proyecto de grado

**Universidad Industrial de Santander. Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED). Producción Agroindustrial. Directora: Jennifer Ricaurte Galvis, Ingeniero Agrícola.

Abstract

Title: Evaluation of the implementation of classification monitors in dry parchment coffee production in the municipality of Confines, Santander.*

Author: Cenni Cortés Durán.**

Keywords: Coffee, production, dry parchment, caficulture, agro-industrial.

Description:

The research project is referred as: "Evaluation of the implementation of classification monitors in the production of dry parchment coffee production in the municipality of Confines, Santander", which arises from a need observed in the coffee production process, whose product is part of the food with the highest consumption on the market, for this reason the project is focused on improving the quality of parchment coffee, in order to improve the income of coffee growers to provide them with a better quality of life.

Bearing in mind that at the time of the sale of your product these are affected in the quality of the coffee almond and therefore this factor has an impact on its price by affecting the production carried out by the coffee grower, evaluation was carried out using three methods of classification of dry parchment coffee: Unclassified, coffee classified with manual shaking and classified with monitor. From this study, samples were analyzed by the threshing performance factor and the percentage of defects in each of the three methods, in this way the results were obtained that were interpreted using the ANOVA statistical method. Finally, the evaluation was concluded that of the three methods analyzed, the most efficient and economical is the method classified with monitor.

* Degree Project

**Industrial University of Santander. Institute for Regional and Distance Projection (IPRED). Agro Industrial Production. Director: Jennifer Ricaurte Galvis, Agricultural Engineer.

Introducción

La agricultura es uno de los renglones más importantes de la economía en Santander, las condiciones climáticas de la región permiten ocupar un segundo lugar de la provincia Comunera, la cual en términos de área llega a las 10 mil hectáreas. Siendo confines un municipio que ha venido creciendo la caficultura, actualmente cuenta con 2.011 hectáreas de café uno de los cuales ha tomado más fuerza en los últimos años, debido a las diferentes políticas gubernamentales que ha impulsado su siembra, con los programas desarrollados por la Federación Nacional de Cafeteros y FINAGRO, garantizando una buena rentabilidad para los cultivadores, que han encontrado en su producción una alternativa para el sustento de muchas familias.

Por tradición Colombia ha sido uno de los principales países productores de café, en el año 2019 Colombia ha incrementado la exportación de café en 39 millones de kilos comparado con el año anterior donde las exportaciones alcanzaron el medio millón de sacos, el departamento de Santander es el séptimo departamento productor del país y su cultura alrededor del cultivo se evidencia en 22 de los 87 municipios del departamento, donde la siembra de café copa el 40% del área dedicada al desarrollo agrícola (Vanguardia, 2018). Además de que ha sido reconocido por su calidad; en el municipio de Confines, Santander, se registran 2.011 Hectáreas sembradas y 756 caficultores registrados, según cifras del Comité de Cafeteros para el año 2017.

A pesar del crecimiento en la producción esta se realiza de manera artesanal en la mayoría de las fincas, lo cual conduce a una calidad de grano disminuida, teniendo en cuenta que a la hora de comercializar su precio de venta se ve afectado por la calidad de la almendra calculada a partir del factor de rendimiento establecido por la Federación Nacional de Cafeteros. Teniendo en cuenta lo anterior se desea conocer la viabilidad de realizar una clasificación del café pergamino seco usando

un monitor comparado con los métodos tradicionales, tomando como caso de estudio la finca primavera.

La finca Primavera es un predio de propiedad de una familia caficultora que basa su sustento económico en dicho cultivo, tiene 2 hectáreas sembradas alcanzando una producción para el año 2018 de 31 cargas de 125 Kg de café pergamino seco, se ubica en el municipio de Confines, Santander, el cual se encuentra a una altitud de 1.600 ms y cuya temperatura es de 21-25°C. Reconocido por cultivar café de variedad Castillo con certificación de café especial orgánico tipo Rainforest Alliance bajo sombra en condiciones de suelo ambientalmente sostenibles, con uso de abonos orgánicos.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

- Evaluar el factor de rendimiento y comparación de costos de métodos de clasificación de café pergamino.

1.2. Objetivos específicos

- Calcular el factor de rendimiento para el café sin seleccionar, clasificado por zarandeo manual y con monitor.
- Analizar los costos de la clasificación por zarandeo manual y con monitor con el fin de determinar cuál es el más económico y de mayor calidad.
- Determinar el método de clasificación más eficiente en términos de tiempo.

2. Marco teórico

2.1. La industria de café en Colombia

En el siglo XVIII los Jesuitas introdujeron los primeros granos de café a Colombia, poco a poco ese cultivo fue adquiriendo especial importancia, al punto que le ha permitido desde entonces al país tener una presencia permanente en los mercados internacionales, siendo el segundo producto de exportación del comercio internacional de Colombia después del petróleo y sus derivados (ANALDEX, 2017). Por esta razón se ha enfocado la calidad del grano hacia los parámetros de

exportación establecidos y regulados por la Federación Nacional de Cafeteros, entidad que desde el año 1927 se ha encargado de representar y organizar a los productores, además de promover el mercado interno y externo del mismo (Gutierrez, s.f.).

En la actualidad el café es cultivado en los departamentos del Huila, Antioquia, Santander, Risaralda, Quindío, entre otros; alcanzando 903 mil hectáreas cultivadas en todo el país y una producción para el año 2017 de 14.2 millones de sacos de café pergamino seco, de los cuales 13 millones de sacos fueron exportados, lo que representa un total de ventas por más de US\$2.708 millones (Federación Nacional de Cafeteros, 2017), su comercialización inicial se realiza en cada cooperativa municipal, usando como parámetro de compra el factor de rendimiento, a partir del cual se establece el precio para cada productor. En el mes de noviembre del año 2018 el precio interno de referencia para compra era de \$805.000 COP por carga de 125 Kg de pergamino seco y el precio total de la pasilla (café defectuoso o dañado) contenida en el pergamino seco era de \$4.500 COP, ese precio varía de acuerdo al Factor de Rendimiento en Trilla que va desde 89 hasta 98 con precios desde \$839.375 hasta \$782.250 COP (Federación Nacional de Cafeteros, 2018), el factor de rendimiento es una medida que indica la cantidad de pergamino seco necesario para obtener un saco de 70 Kilos de café tipo exportación.

2.2. El café

Se le conoce como café a los frutos producidos por las plantas del género *Coffea*, principalmente las especies cultivadas, además a los productos a partir de esos granos, en diferentes estados usados para el consumo, en Colombia la especie original se denomina *Coffea Arabica* Linnaeus. Los granos de café están contenidos en el fruto, los cuales se denominan “cereza” en estado de madurez, tomando un color rojo o amarillo de acuerdo a la variedad, consiste en una piel

externa que envuelve una pulpa dulce que se conoce como mucílago, luego una cubierta dura llamada pergamino, seguida de una capa más delgada llamada película y finalmente lo que denominamos almendra (Federación Nacional de Cafeteros, 2010). En la figura 1 se puede observar la morfología de la cereza.

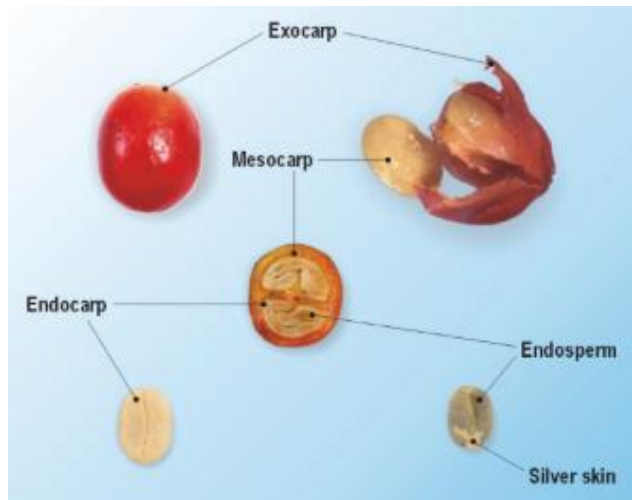


Figura 1. Morfología del fruto. Adaptado de Juan investigación (2017). Agroindustria de frutas tropicales. Recuperado de <http://juanartunduaga.blogspot.com/2017/05/agroindustria-de-cafe.html>

En la actualidad se conocen más de 103 especies de café, siendo la Arábica y la Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehne) las responsables del 99% del comercio internacional, el *Coffea arabica* linnaeus es actualmente la principal especie del género y constituye más del 60% del café que se comercializa en el mercado internacional. En Colombia los cultivos se encuentran en altitudes que van desde los 1.200 hasta los 1.800 m.s.n.m. el contenido de cafeína de los granos está entre 1,0% y 1,4% en base a materia seca, este es el café de mejor calidad en taza (Federación Nacional de Cafeteros, 2012).

Para la Federación se considera café especial aquel valorado por los consumidores por sus características consistentes y sostenibles, y por el cual están dispuestos a pagar un mayor precio, lo que significa un mayor bienestar para los productores, esta línea de producción representa el

12% del consumo mundial, los principales países a los cuales se exportan los cafés especiales colombianos son Japón y Estados.

2.3. Beneficio del café

El beneficio del café es un proceso que está estrechamente relacionado con la calidad de la bebida final, existen diferentes tipos de beneficios:

2.3.1. Método por Vía Seca. Consiste en secar la cereza entera como se ve en la figura 2, se compone de tres etapas básicas, primero los frutos recolectados se clasifican y se limpian para separar las cerezas demasiados maduras o sin madurar, además de la suciedad, se puede realizar usando un harnero o por medio de canales de lavado.



Figura 2. Secado de cereza.

Posteriormente las cerezas se extienden al sol, rastrillándolas frecuentemente para que tengan un secado uniforme, este proceso puede durar hasta cuatro semanas, en este proceso el secado es de vital importancia, ya que determina la calidad del grano. Luego del secado se almacenan en silos hasta que son enviadas al molino, donde son clasificadas y empacadas en sacos. La descascaradora elimina todas las capas exteriores del fruto. Este es un método muy usado en Brasil (International Coffee Organization, s.f.).

2.3.2. Método de Vía Húmeda. Este es un método que realizado de manera correcta consigue que el café beneficiado sea de mejor calidad, realizando lavado al café como se ve en la figura 3.



Figura 3. Lavado del café.

Inicialmente se realiza una separación de las cerezas en mal estado y de la suciedad, esto se puede realizar usando harneros o lavando las cerezas. Después usando despulpadoras se retira el exocarpio y mesocarpio del fruto, mediante fricción de planchas fijas y movibles. Luego los granos despulpados son de nuevo clasificados en zarandas vibratoras, seguidamente son lavados y separados de nuevo poniéndolos a flotar. Debido a que los granos quedan generalmente con residuos de pulpa, además del mucílago que los recubre, se deben colocar en tanques de fermentación, este proceso requiere ser vigilado para evitar que el café adquiriera mal sabor. Cuando la fermentación ha terminado se lava muy bien el café para luego secarlo al sol o en silos. Finalmente se descascara para eliminar el pergamino. Este método es usado para todos los cafés Arábica, excepto el producido en Brasil (International Coffee Organization, s.f.).

2.3.3. Método Honey o Miel. Este método es igual al del lavado, la única diferencia es que en el beneficio honey no se remueve el mucílago sino que los granos se secan recubiertos de esta sustancia, el nombre lo recibe debido a que se siente pegajoso al tacto. En la figura 4 se puede ver.



Figura 4. Café Honey.

Se distinguen tres tipos de proceso honey: el amarillo, el rojo y el negro. La diferencia está en el sabor, desarrollado a medida que se ajustan los tiempos y técnicas de secado.

El honey amarillo tiene un tiempo de secado más bajo, 8 días aproximadamente, este café recibe la mayor cantidad de sol. El honey rojo se demora un poco más, se seca a la sombra o sin rayos solares directos, por eso su color. El honey negro tiene un tiempo de secado más demorado, y el café se debe cubrir con un plástico negro en camas similares a las camas africanas, este café es el más complejo con abundante sabor y por consiguiente es el más costoso.

La variedad de café honey tiene un sabor único, caracterizado por un dulzor diferente, sabores frutales y acidez dulce (CoffeeIQ, s.f.).

2.3.4. Beneficio Ecológico Módulo BECOLSUB. Consiste en despulpar y realizar el transporte de la pulpa sin agua hasta una fosa techada mediante el uso de la tecnología Becolsub, como se muestra en la figura 5, lo cual no afecta el funcionamiento de la máquina despulpadora ni la calidad del grano, además del aprovechamiento de los subproductos para otros usos. Se usa un desmucilagador mecánico DESLIM (desmucilagador-lavador-limpiador), y la mezcla de la pulpa y el mucílago en un transportador de tornillo sinfín. Algunos caficultores emplean la fermentación natural, usando el agua de los enjuagues anteriores.



Figura 5. Módulo Becolsub.

En el beneficio ecológico, la tolva seca o con recirculación de agua, la fermentación natural y el lavado y clasificado del grano en tanques de fermentación, utilizando la técnica de los enjuagues, se aconsejan para caficultores que procesan máximo 1.000 kg de café cereza en el día de mayor producción. Para los caficultores con producciones mayores se recomienda el uso de un separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín para clasificar el fruto, así como tolvas húmedas con recirculación, tanque sifón con recirculación y para el lavado del grano el uso de desmucilagadores-lavadores y de lavadores mecánicos (Rodríguez Valencia, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Ramírez Gómez, 2015).

2.4. Clasificación del café

La calidad física del café se ve reflejada en el tamaño del grano, además de los defectos producidos por las enfermedades (como la broca) y el manejo inadecuado del proceso de beneficio.

Según la resolución 2 de 2016 expedida por la Federación Nacional de Cafeteros el café tipo exportación es el café compuesto de grano grande, retenido por encima de malla catorce, con tolerancia hasta del cinco por ceno inferior a esa malla, retenido por la malla doce, adecuadamente beneficiado clasificado (Comité Nacional de Cafeteros, s.f.).

En la mayoría de fincas en Colombia se clasifica el café, el 84% después de despulpar, el 72% al lavarlo y el 48% luego del secado, la forma más común de clasificación es la zaranda manual (Aristizábal Arias & Duque Orrego, 2005).

2.4.1. Factor de Rendimiento en Trilla. El factor de rendimiento es la cantidad de café pergamino seco necesaria para obtener un saco de café tipo exportación, el cual se calcula en base al factor de rendimiento en trilla de 92,8 Kg de pergamino seco por saco de 70 Kg (**Marín López, Arcila Pulgarín, Montoya Restrepo, & Oliveros Tascón, 2003**).

La siguiente expresión matemática muestra cómo se calcula el Factor de Rendimiento en Trilla (FRT).

$$FRT = \frac{\text{Peso Muestra} \times 70 \text{ Kg de café excelso}}{\text{Peso excelso}}$$

El peso excelso en esta fórmula hace referencia a la cantidad de café verde libre de impurezas y defectos, obtenido de la muestra inicial.

2.5. Monitores de clasificación

Los monitores de Café Pergamino Seco (CPS) son ideales para separar el grano por tamaños usando sistemas de vibración y soportes de mallas en acero inoxidable, garantizando la homogeneidad en la clasificación para mejorar el proceso de trilla. En el mercado se encuentran monitores con capacidades entre 120 y 4000 Kg CPS/hora.

La clasificación de café pergamino seco mediante monitores de clasificación es un método poco usado, ya que en la mayoría de las fincas se realiza el proceso de manera manual (Aristizábal Arias & Duque Orrego, 2005).

La empresa líder en fabricar la maquinaria agroindustrial para el procesamiento del café es JM. ESTRADA S.A, en la figura 6 se observa el monitor de clasificación. Las capacidades están entre 120 y 4000 Kg/hora. A continuación se presentan las siguientes especificaciones técnicas para estos equipos, dadas por la empresa fabricante (JM. ESTRADA S.A, s.f.):

- Góndola construida en lámina calibre 14 y ángulo de $1 \frac{1}{2}$ por $\frac{1}{4}$ de pulgada. Refuerzos varios en ángulo de $2 \frac{1}{2}$ pulgadas por $\frac{1}{4}$ y de $\frac{3}{8}$ de pulgada.
- Rombonería de salida de 2 mallas, construidas en lámina calibre 14.
- Una malla en anejo final donde sale la basura.
- Marcos metálicos de zarandas y con soporte inferior en malla de alambre pre-ondulado para soporte de esferas de goma.
- Cribas en lámina calibre 20 y de fabricación nacional.
- Esferas de goma de $1 \frac{1}{8}$ por cada recuadro interno de marcos.

- Un motor trifásico con su respectiva transmisión de potencia movida por poleas en hierro fundido y correas tipo B. Toda la transmisión llevará sus respectivos cuñeros y sus guarda poleas.
- Eje excéntrico con sus respectivos rodamientos.
- Estructura principal de soporte en ángulo de 2 1/2 pulgadas por 1/4.



Figura 6. Monitor de clasificación. Adaptado de JM. ESTRADA S.A. (s.f.). Recuperado de <http://jmestrada.com/beneficio-seco/monitores/cafe-pergamino-seco>

Empresas regionales que producen ese tipo de clasificadores son TIMAG y FIMAR, con características similares a las de JM ESTRADA, con modelos como se muestra en la figura 7 que tienen capacidad para procesar desde 250 hasta 1000 Kg/h. Los precios de estos modelos oscilan desde \$5.000.000 a \$10.000.000 COP.



Figura 7. Monitor de clasificación TIMAG. Adaptado de Timag Lopez S.A.S. (s.f.). Recuperado de <http://www.timaglopez.amawebs.com/>

El funcionamiento de un monitor de clasificación inicia con el ingreso del café pergamino seco por la tolva de alimentación, este va a la primera malla, la cascarilla, el café bolas, negros y toda la pasilla sale en el sistema de extracción de esa malla, en la segunda sale el café de primera calidad y en la tercera el de segunda calidad. Todo el proceso se lleva a cabo por medio del sistema de vibración del monitor.

3. Revisión metodológica

Se realizó un diseño experimental en el que se usó como testigo café sin clasificar, y dos tratamientos, el tratamiento uno constaba de café seleccionado manualmente y el tratamiento dos de café clasificado con monitor. Se tomaron 10 muestras de repetición de cada tratamiento y del testigo, con el objetivo de promediar los resultados para analizarlos usando Excel y un análisis estadístico ANOVA (ver apéndice A).

3.1. Factor de Rendimiento en Trilla

En la finca Primavera del municipio de Confines, Santander, se tomaron 30 muestras de 250 gramos de un mismo lote de café variedad castillo de 4 años de siembra, siendo su tercera cosecha, previamente beneficiado usando el beneficio semilavado con el uso de un sistema becolsub como se muestra en la figura 8. Para cada muestra se calculó el factor de rendimiento en trilla (ver apéndice B).



Figura 8. Módulo de beneficio finca Primavera.

Las primeras 10 muestras no fueron clasificadas con ningún método, las siguientes 10 muestras se clasificaron por medio del zarandeo manual, y las 10 últimas usando un monitor de clasificación de la marca TIMAG con capacidad de 600 Kg de café/hora.

3.2. Clasificación de defectos

La clasificación de los defectos físicos observados en cada una de las muestras se realizó teniendo en cuenta los factores mostrados en la tabla 1.

Tabla 1.

Clasificación por defectos del café verde

DEFECTO	CARACTERÍSTICA
Grano Negro	Color oscuro opaco.
Grano Agrio	Color amarillo pálido, amarillo intenso, carmelita o rojizo, al raspar o cortar el grano libera olor a vinagre.
Daño por Hongos	Manchas de color amarillo-rojizo, cubiertas por un polvillo, van creciendo hasta cubrir todo el grano.
Cereza Seca	La pulpa seca cubra parte o todo el pergamino.
Grano Brocado	Pequeñas y oscuras perforaciones de 0,1 a 0,5 mm de diámetro.

Continuación tabla 1.

Grano Partido, Mordido y Cortado	Los granos mordidos durante el proceso de despulpado presentan una coloración rojiza debido a la oxidación.
Grano Inmaduro	Tamaño pequeño, baja densidad, color pálido amarillento o verdoso.
Grano Averanado o Arrugado	Granos pequeños, malformados y de superficie arrugada.
Conchas	Granos malformados, en el exterior con forma de concha y en el interior forma cilíndrica o cónica.
Flotador	Extremadamente blancos y decolorados.

3.3. Comparación de costos de clasificación y tiempos de clasificación

Se realizó la medición de tiempos de clasificación de las 10 muestras (250 g cada una) clasificadas usando zarandeo manual y de las 10 muestras (250 g cada una) clasificadas por medio de monitor, mediante la ayuda de un cronómetro, además se realizó el cálculo aproximado de costos de clasificación de cada muestra tomando como referencia un costo de mano de obra de \$30.000 COP (costo de peso colombiano a divisas) por jornada laboral de ocho horas.

4. Resultados

4.1. Cálculo del Factor de Rendimiento en Trilla

Al realizar el cálculo del factor de rendimiento en trilla (FRT) se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 2, 3 y 4. Se hace evidente en estos valores que la cantidad de almendra sana en las muestras clasificadas en monitor es mayor que las muestras sin clasificar y clasificada por zarandeo, en esta proporción el valor de factor de rendimiento en trilla también es

considerablemente menor, es decir se requiere menos café pergamino para producir un saco de 70 kilos de café excelso.

Se calcula el Factor de Rendimiento en Trilla usando la siguiente fórmula:

$$FRT = \frac{\text{Peso Muestra} \times 70 \text{ Kg café excelso}}{\text{Peso excelso}}$$

- Muestra 1: Café sin Clasificar

Tabla 2.

FRT del Café sin clasificar

Muestras	Almendra Sana (gm*)	FRT
1	195,7	89
2	197,4	89
3	198,7	88
4	190,6	92
5	193,4	90
6	196,2	89
7	195,8	89
8	198,5	88
9	195,5	90
10	196,8	89
Promedio	195,86	89

Nota: *Clasificación de las muestras en gramos (gm).

- Muestra 2: Café clasificado por zarandeo manual

Tabla 3.

FRT del Café clasificado por zarandeo manual

Muestras	Almendra Sana (gm)	FRT
1	196,4	89,10
2	195,8	89,38
3	196,3	89,15
4	194,5	89,97
5	195,7	89,42
6	196,5	89,06
7	196,8	88,92
8	195,4	89,56
9	194,9	89,79
10	195,3	89,61
Promedio	195,76	89,40

- Muestra 3: Café clasificado en monitor

Tabla 4.

FRT del Café clasificado en monitor

Muestras	Almendra Sana (gm)	FRT
1	203,7	85,91
2	202,8	86,29
3	202,4	86,46
4	201,9	86,68
5	202,0	86,63
6	203,6	85,95
7	202,9	86,25
8	204,1	85,74
9	205,7	85,08
10	204,9	85,41
Promedio	203,4	86,04

Se realiza un análisis de varianza de los tres métodos anteriormente mostrados café sin clasificar, café clasificado por zarandeo manual y café clasificado en monitor, mostrados en la tabla 5, a los cuales se les calculó el Factor de Rendimiento en Trilla. En la figura 9 se muestra el análisis de resultados y en la figura 10 la diferencia honesta significativa.

Tabla 5

Análisis de varianza de los tres métodos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Café Sin Clasificar	10	893,6185526	89,36185526	1,237597489
Café Clasificado Zarandeo Manual	10	893,9634609	89,39634609	0,116149811
Café Clasificado en Monitor	10	860,4026368	86,04026368	0,276329878

	Café Sin Clasificar	Café Clasif. Zarandeo Manual	Café Clasif. Monitor
Café Sin Clasificar		-0,03	3,32
Café Clasif. Zarandeo Manual			3,36
Café Clasificado Monitor			

Figura 9. Análisis de los resultados y conclusiones.

HSD=	0,81
Multiplicador Tukey	3,49
Mse	0,54335906
n=	10

Figura 10. Diferencia honesta significativa.

Se puede concluir que después de obtener los resultados del análisis de varianza ANOVA, que no se acepta la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna que asegura:

- H_a = En al menos un sistema de clasificación el Factor de Rendimiento es distinto, con 95% de probabilidad y la diferencia marca los valores del café clasificado en monitor.

Lo anterior se observa en la figura 11 en esta se puede apreciar los promedios resultantes de la medición de los Factores de Rendimiento en Trilla. Las muestras 1 y 2 son similares en todas las muestras tomadas, mientras que la muestra 3 es menor con gran diferencia.

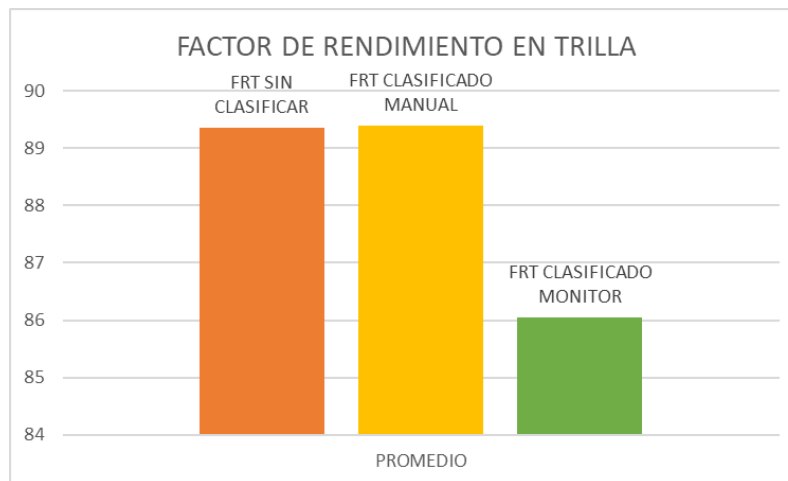


Figura 11. Factor de Rendimiento en Trilla.

4.2. Clasificación de defectos

Se detalla el porcentaje de defectos observados en cada muestra en las tablas 6, 7 y 8. Para cada muestra se presentan los valores en gramos de café brocado, café mordido o partido (almendra defectos), la cantidad de almendra total después de trillado, la cantidad de café pasilla (cereza seca, café negro, averanado, etc), cantidad de café brocado y por último el porcentaje de café defectuoso de cada muestra. Además, en las figuras 12, 13 y 14 se observa una muestra de los defectos observados.

Tabla 6.

Defectos del café sin clasificar

Muestras	Almendra Defectos (gm)	Almendra Total (gm)	Pasilla (gm)	Brocado (gm)	% Defectos
1	9	205,7	0,5	0,5	4,9
2	7,1	205,3	0,3	0,5	3,8
3	5,1	205,1	1	0,3	3,1
4	14,7	207,3	1,2	0,8	8,1
5	13,2	207,9	0,8	0,5	7,0
6	8,3	206,3	1	0,8	4,9
7	9,9	207,1	0,7	0,7	5,5
8	6	205,8	0,5	0,8	3,5
9	10,8	207,8	1,1	0,4	5,9
10	8,6	206,7	0,8	0,5	4,8
Promedio	9,27	206,5	0,79	0,58	5,15



Figura 12. Defectos Muestra 1.

Tabla 7.

Defectos Café clasificado por zarandeo manual

Muestras	Almendra Defectos (gm)	Almendra Total (gm)	Pasilla (gm)	Brocado (gm)	% Defectos
1	7,9	205,7	0,5	0,5	4,9
2	8,6	205,3	0,3	0,5	3,8
3	9,4	205,1	1	0,3	3,1
4	9,4	207,3	1,2	0,8	8,1
5	9,0	207,9	0,8	0,5	7,0
6	7,7	206,3	1	0,8	4,9
7	8,7	207,1	0,7	0,7	5,5
8	8,1	205,8	0,5	0,8	3,5
9	7,8	207,8	1,1	0,4	5,9
10	7,6	206,7	0,8	0,5	4,8
Promedio	8,42	205,39	0,66	0,55	4,69



Figura 13. Defectos Muestra 2.

Tabla 8. *Defectos Café clasificado en monitor*

Muestras	Almendra Defectos (gm)	Almendra Total (gm)	Pasilla (gm)	Brocado (gm)	% Defectos
1	4,9	209,4	0,5	0,3	2,72
2	5,4	208,7	0,4	0,1	2,83
3	5,7	208,6	0,3	0,2	2,97
4	6,9	209,8	0,7	0,3	3,77
5	7,8	210,6	0,5	0,3	4,08
6	4,4	208,6	0,2	0,4	2,40
7	5,1	208,7	0,4	0,3	2,78
8	4,3	209,1	0,6	0,1	2,39
9	5,2	211,4	0,4	0,1	2,70
10	3,1	208,8	0,6	0,2	1,87
Promedio	5,28	209,37	0,46	0,23	2,85



Figura 14. Defectos Muestra 3.

Se realizó un análisis ANOVA para el porcentaje (%) de defectos de los tres métodos aplicados café sin clasificar, café clasificado zarandeo manual y café clasificado en monitor cuyas cifras se ven en la tabla 9. Luego se presenta en la figura 15 los resultados del análisis aplicado y en la figura 16 la diferencia significativa.

Tabla 9.
Análisis en porcentaje de defectos tres métodos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Café Sin Clasificar	10	51,5	5,1	2,3
Café Clasificado Zarandeo Manual	10	46,9	4,7	0,1
Café Clasificado en Monitor	10	28,5	2,9	0,4

	Café Sin Clasificar	Café Clasif Zarandeo	Café Clasif Monitor
Café Sin Clasificar		0,46	2,30
Café Clasif. Zarandeo Manual			1,84
Café Clasificado Monitor			

Figura 15. Resultado de los tres métodos.

HSD=	0,94
Multiplicador=	3.04
Mse=	0,961897038
n=	10

Figura 16. Diferencia significativa.

Se puede concluir que al obtener los resultados del análisis ANOVA no es aceptada la hipótesis nula y en su lugar es aceptada la hipótesis alterna que asegura:

- H_a = En al menos un sistema de la clasificación de granos es distinto con al menos un 95% de probabilidad y la diferencia marca los valores del café clasificados en monitor.

En la figura 17 se observa la variación en el porcentaje de defectos para cada muestra de las diferentes clasificaciones, lo cual muestra una reducción significativa cuando se realiza clasificación con monitor.

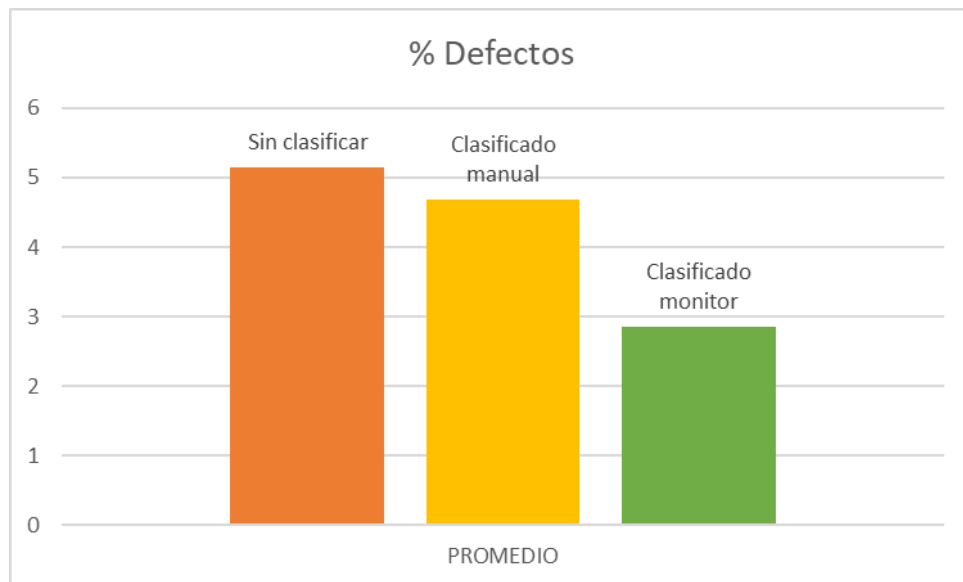


Figura 17. Porcentaje de defectos.

4.3. Costos y tiempos de clasificación

En la tabla 10 se presentan los tiempos empleados en la clasificación por zarandeo manual y por monitor de las 10 muestras, dichos tiempos están expresados en segundos. En la figura 18 se evidencia una reducción muy significativa en este tiempo.

Tabla 10.

Tiempos de clasificación de cada muestra

Muestras	C. Manual (s)	C. Monitor (s)
1	28,8	2,4
2	25,2	2,8
3	23,0	2,2
4	27,4	2,5
5	28,8	1,8
6	27,4	2,2
7	25,9	2,6
8	21,6	2,4
9	25,2	1,9
10	25,9	2,6
Promedio	25,9	2,3

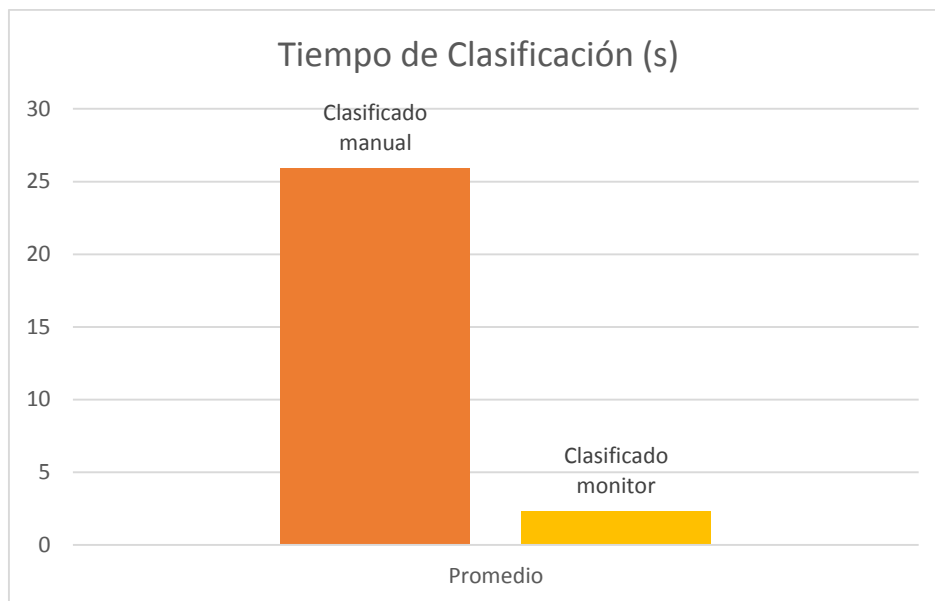


Figura 18. Tiempos de clasificación de cada muestra.

En la tabla 11 se presentan los costos aproximados en la clasificación por zarandeo manual y por monitor de cada muestra, dichos costos expresados en pesos colombianos. Se evidencia una reducción muy significativa de esos valores en la figura 19.

Tabla 11.

Costos de clasificación de cada muestra

Muestras	C. Manual (COP*)	C. Monitor (COP)
1	30,0	2,5
2	26,3	2,9
3	24,0	2,3
4	28,5	2,6
5	30,0	1,9
6	28,5	2,3
7	27,0	2,8
8	22,5	2,5
9	26,3	2,0
10	27,0	2,8
Promedio	27,0	2,4

Nota: *Tipo de cambio del peso colombiano a divisas (COP).

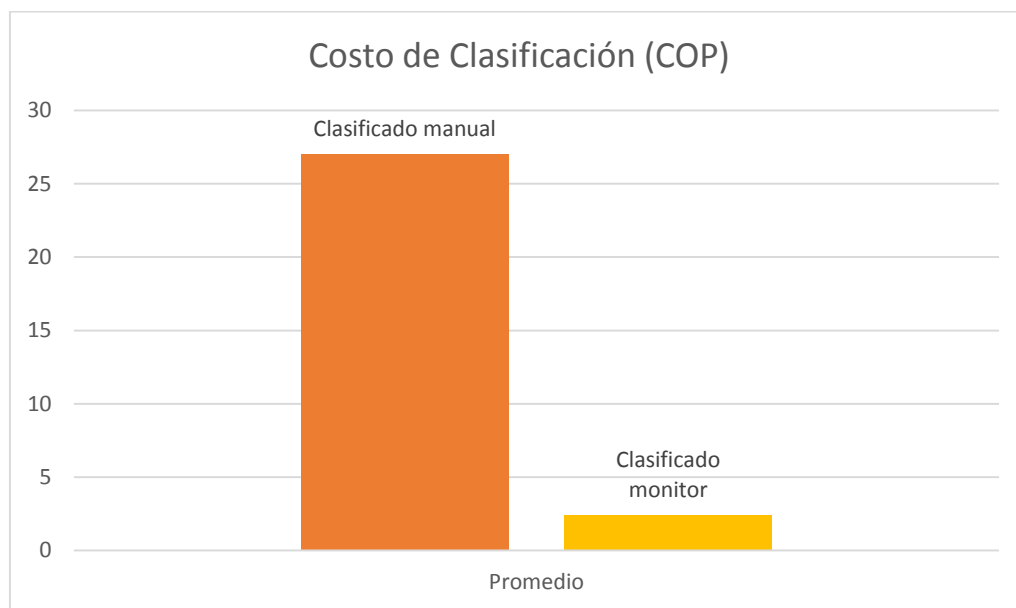


Figura 19. Costos de clasificación de cada muestra.

5. Conclusiones

- Se concluyó que el factor de rendimiento obtenido mediante el café clasificado con monitor arrojó un resultado de 3,32 puntos en FRT comparado con el café sin clasificar y 3,36 puntos en FRT comparado con el café de zarandeo manual.
- El análisis de clasificación determinó que el café clasificado con monitor disminuye los costos de mano de obra en comparación con los otros métodos, al tiempo que le da un mayor valor por su incremento en FRT.
- El uso de monitores de clasificación disminuye significativamente el tiempo de operación con relación al método manual y a su vez reduce el costo hasta el 91%.
- El resultado de los análisis dio como referencia que el uso de maquinaria utilizada para la clasificación del café es la mejor alternativa, comparada con los métodos tradicionales por su eficiencia, rendimiento y economía.

Referencias Bibliográficas

ANALDEX. (2017). Informe de Comercio Exterior de Colombia. *Exponotas*, 12-14.

Aristizábal Arias, C., & Duque Orrego, H. (2005). CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE BENEFICIO DE CAFÉ EN CINCO DEPARTAMENTOS CAFETEROS DE COLOMBIA. *CENICAFÉ*.

Café Nariño. (s.f.). *MANUAL DE DEFECTOS: Café Verde Arabica*.

CENICAFE. (2016). *Cultivemos Café*. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe

CoffeeIQ. (s.f.). *Proceso del Café: Lavado, Natural y Honey*. Recuperado de <http://www.coffeeiq.co/procesos-del-cafe-lavado-natural-y-honey/>

Comité Nacional de Cafeteros. (s.f.). *RESOLUCIÓN 02 DE 2016 POR LA CUAL SE UNIFICAN Y ACTUALIZAN LAS NORMAS DE CALIDAD DE CAFÉ VERDE EN ALMENDRA PARA EXPORTACIÓN*.

Fajardo Peña, I. F., & Sanz Uribe, J. R. (2004). LA CALIDAD FÍSICA Y EL RENDIMIENTO DEL CAFÉ EN LOS PROCESOS DE BENEFICIO TRADICIONAL Y BENEFICIO ECOLÓGICO (BECOLSUB). *Avances Técnicos CENICAFÉ*.

Federación Nacional de Cafeteros. (2010). *Café de Colombia*. Recuperado de http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/

Federación Nacional de Cafeteros. (2012). *AL GRANO*. Recuperado de <https://www.federeaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/>

Federación Nacional de Cafeteros. (2017). *Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana*.

Federación Nacional de Cafeteros. (2018). *Tabla precio interno de referencia para la compra de café pergamino seco por carga de 125 Kg*. Bogotá: Oficina de Prensa.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. (s.f.). DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DEL BENEFICIO DEL CAFÉ. En *GUÍA AMBIENTAL PARA EL SECTOR CAFETERO* (SEGUNDA ed.).

Federación Nacional de Cafeteros. (s.f.). *Federación Nacional de Cafeteros*. Recuperado de https://www.federaciondefcafeteros.org/clientes/es/nuestro_cafe/cafes_especiales

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. (s.f.). *Nuestro Cafe*. Recuperado de <https://www.federeaciondefcafeteros.org/clientes/es/Glosario/>

Federación Nacional de Cafeteros. (2017). *Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana*.

Gutierrez, J. C. (s.f.). La industria del café en Colombia. *Federación de cafeteros*. Recuperado de *Federación de cafeteros*.

International Coffee Organization. (s.f.). *Procesamiento de Campo*. Recuperado de http://www.ico.org/ES/field_processingc.asp

JM. ESTRADA S.A. (s.f.). *Catalogo Maquinaria Procesamiento Cafe*. Recuperado de <http://www.jmestrada.com/beneficio-seco/monitores/cafe-trillado>

López , R., & Jaramillo, E. (1973). CENTRALES DE BENEFICIO DE CAFÉ. *Sección de Divulgación Científica CENICAFÉ*.

Marín López, S., Arcila Pulgarín, J., Montoya Restrepo, E., & Oliveros Tascón, C. (2003). RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO DEL CAFÉ Y LAS CARACTERÍSTICAS DE BENEFICIO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA BEBIDA. *CENICAFÉ*.

Montilla Pérez, J., Arcila Pulgarín, J., Aristizábal Loaiza, M., Montoya Restrepo, E., Puerta Quintero, G., Oliveros Tascón, C., & Cadena Gómez, G. (2008). PROPIEDADES FÍSICAS Y

FACTORES DE CONVERSIÓN DEL CAFÉ EN EL PROCESO DE BENEFICIO. *Avances Técnicos CENICAFÉ.*

Puerta Quintero, G. (2006). BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA EL CAFÉ. *CENICAFÉ.*

Rodríguez Valencia, N., Sanz Uribe, J., Oliveros Tascón, C., & Ramírez Gómez, C. (2015). *Beneficio del Café en Colombia.* Cenicafé.

Vanguardia. (10 de Junio de 2018). *La exportación cafetera regional fue de US\$135,4 millones en 2017.* Recuperado de <https://www.vanguardia.com/economia/nacional/la-exportacion-cafetera-regional-fue-de-us1354-millones-en-2017-NEVL435549>