



Evaluación de la incidencia del sistema de cosecha asistida en los rendimientos de recolección y pérdidas por recolección en la producción de café en Antioquia.

Boris Nicolas Guarin Muñoz

**Documento presentado como requisito para optar por el título de:
Magíster en Agronegocios**

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Agronegocios
Medellín, 2022

Contenido

Resumen.....	1
Lista de tablas.....	3
Lista de figuras.....	4
Siglas y abreviaturas.....	4
1. Introducción.....	5
1.1 Planteamiento del Problema.....	Error! Bookmark not defined.
2. Marco teórico.....	10
2.1 Marco conceptual.....	12
2.2 Marco Referencial.....	13
3. Metodología.....	14
3.1 Área de estudio.....	14
3.3 Recolección de información.....	16
3.3.1 Descripción de los tratamientos.....	16
3.3.2 Diseño experimental.....	22
3.5 Análisis de la información.....	23
3.5.1 Indicadores de desempeño.....	23
3.5.2 Análisis marginal.....	24
3.5.3 Análisis económico.....	25
4. Resultados.....	25

4.1 Indicadores de desempeño.....	25
4.2 Análisis marginal	29
4.3 Relación Beneficio-Costo	39
5. Conclusiones	42
Referencias.....	44

Resumen

En el presente trabajo se evaluó la rentabilidad de tres métodos de recolección de café en cuatro fincas del departamento de Antioquia, el método tradicional, método con lonas manual y método con lonas y máquina derribadora selectiva de café. Los precios del café son muy volátiles influyendo directamente en la rentabilidad de los empresarios cafeteros, además, la actividad de la recolección de café es la generadora de los mayores costos en la producción del mismo, dada esta coyuntura se evaluó los costos de la recolección asistida por medio de la semi mecanización con la derribadora selectiva de café, los costos con lonas en los suelos recolectando manualmente y los costos de la recolección tradicional con coco. Además, de evaluar los rendimientos de cada método, la calidad de la recolección, eficacia y pérdidas.

Esta investigación se desarrolló en cuatro fincas de Antioquia con condiciones medio ambientales distintas, Portugal en Santa Bárbara, Yarumal en Ciudad Bolívar, El Tambo en Betania, El Balcón en Fredonia. En cada una de ellas se capacitaron los operarios en recolección manual con lonas y lonas y derribadora selectiva de café, se realizó un trabajo previo de retención de pases para concentrar cosecha y aumentar oferta de grano maduro, se seleccionaron al azar 60 árboles de un lote y se contaron los frutos ya existentes en los suelos. Se realizó el trabajo de recolección en un jornal con cada método por separado con los mismos dos trabajadores, se midieron los tiempos de recolección descontando tiempos de descanso y se pesó la masa recolectada para conocer el rendimiento, además se pesaron los frutos que quedaron en los suelos con el fin de conocer las pérdidas en cada método, se contaron los frutos maduros encontrados en cada árbol seleccionado con el fin de conocer la eficacia de cada método y finalmente se analizó la cantidad de frutos verdes recolectados en cada método para conocer la calidad de la recolección.

Después de hacer un análisis de los resultados pudimos observar que en el 75% de las muestras, los rendimientos fueron mayores con lonas manual seguido de lonas con derribadora DSC-18, en cuanto a la eficacia vemos que el método de recolección asistida con “Derribadora y Lonas” obtiene mejores resultados en más del 50% de las fincas, desperdiciando en promedio 1,4 frutos menos que los otros métodos. En términos de calidad de la recolección vemos que el promedio de los frutos verdes recolectados fue mayor en el método de recolección “Derribadora y Lonas”, aunque en los tres métodos fue aceptable el porcentaje, la mejor calidad la obtuvo el método “Manual con Lonas”. Para el tema de pérdidas encontramos que, el método de recolección

“Tradicional” es el que más pérdidas de frutos genera para toda la muestra seguido del método “Manual con Lonas”.

El método de recolección que incorpora la Derribadora DSC-18 es viable económicamente, no obstante, esta viabilidad no implica que para la muestra total objeto de estudio deban cambiar sus métodos de recolección manuales actuales al asistencial con la derribadora sea lo ideal. En este análisis, aunque el método de recolección asistida “Derribadora y Lonas” tuvo buen desempeño en variables como eficacia, rendimiento y viabilidad económica, no se puede afirmar que sea el método recomendado por excelencia para todas las fincas objeto de estudio.

Palabras clave: rentabilidad, derribadora selectiva de café, recolección asistida

Abstract

In the present investigation the profitability of three methods of coffee harvesting was evaluated in four farms in the department of Antioquia, the traditional method, the method with manual tarpaulins and the method with tarpaulins and a selective coffee topper. Coffee prices are very volatile directly influencing the profitability of coffee growers, it is also known that coffee harvesting is the activity that generates the highest costs in coffee production. Given this situation we evaluated the costs of assisted harvesting by means of semi-mechanization with the selective coffee topper, the costs with tarpaulins on the ground collecting manually and the costs of traditional harvesting with coconut. In addition, we evaluated the yields of each method, harvest quality, efficiency and losses.

This research was developed in 4 farms in Antioquia with different environmental conditions, Portugal in Santa Bárbara, Yarumal in Ciudad Bolivar, El Tambo in Betania, El Balcon in Fredonia. In each of these farms the operators were trained in manual harvesting with tarpaulins and tarps and selective coffee topper, a previous work of retention of passes was carried out to concentrate the harvest and increase the supply of ripe beans, 60 trees were randomly selected from a lot and the fruits already existing on the ground were counted. The harvesting work was carried out in a day each method separately with the same two workers, the harvesting times were measured discounting rest times and the harvested mass was weighed to know the yield, also the

fruits that remained on the ground were weighed in order to know the losses in each method, the ripe fruits found in each selected tree were counted in order to know the effectiveness of each method and finally the amount of green fruits harvested in each method was analyzed to know the quality of the harvesting.

After analyzing the results we could observe that in 75% of the samples the yields were higher with manual tarps followed by tarps with DSC-18 topper, in terms of efficiency we see that the method of assisted harvesting with "Topper and Tarps" obtains better results in more than 50% of the farms, wasting on average 1.4 fruits less than the other methods. In terms of harvesting quality, the average of green fruit harvested was higher in the "Shredder and tarpaulin" harvesting method, although the percentage was acceptable in all three methods, the best quality was obtained in the "Manual with tarpaulin" method. In terms of losses, we found that the "Traditional" harvesting method generated the most fruit losses for the entire sample, followed by the "Manual with tarpaulins" method.

The harvesting method that incorporates the DSC-18 Shredder is economically feasible, however, this feasibility does not imply that for the total sample under study, changing their current manual harvesting methods to the assistive method with the shredder is ideal. In this analysis, although the assisted harvesting method "Topper and Tarps" performed well in variables such as efficiency, yield and economic viability, it cannot be stated that it is the recommended method par excellence for all the farms under study.

Keywords: profitability, selective coffee feller, assisted harvesting

Lista de tablas

Tabla 1. Costos Finca Santa Barbara.....	30
Tabla 2. Costos Finca El Tambo	31
Tabla 3. Costos Finca El balcón.....	32

Tabla 4. Costos Finca Yarumal	33
Tabla 5. Presupuesto parcial Finca Santa Barbara	34
Tabla 6. Presupuesto parcial Finca El Tambo.....	34
Tabla 7. Presupuesto parcial Finca El balcón	35
Tabla 8. Presupuesto parcial Finca Yarumal	35
Tabla 9. Análisis de dominancia Finca Santa Barbara	36
Tabla 10. Análisis de dominancia Finca El Tambo.....	36
Tabla 11. Análisis de dominancia Finca El balcón	36
Tabla 12. Análisis de dominancia Finca Yarumal	37
Tabla 13. Análisis marginal Finca Santa Barbara	37
Tabla 14. Análisis marginal Finca El Tambo	38
Tabla 15. Análisis marginal Finca El balcón	38
Tabla 16. Análisis marginal Finca Yarumal	38
Tabla 17. Relación Beneficio-Costo Finca Santa Barbara	40
Tabla 18. Relación Beneficio-Costo Finca El Tambo	40
Tabla 19. Relación Beneficio-Costo Finca El balcón.....	41
Tabla 20. Relación Beneficio-Costo Finca Santa Barbara	41

Lista de figuras

Figura 1 Planteamiento del problema	Error! Bookmark not defined.
Figura 2 Derribadora selectiva de café	Error! Bookmark not defined.
Figura 3 Flujo de cosecha con lonas manual	18
Figura 4 Flujo de cosecha con DSC-18	21
Figura 5 Rendimiento kg/hora/trabajador.....	25
Figura 6 Eficacia (Frutos por árbol)	26
Figura 7 Masa café recolectado verdes (%).....	27
Figura 8 Pérdidas (g/árbol)	28

Siglas y abreviaturas

FNC	Federación Nacional de Cafeteros.
TMR	Tasa Marginal de Retorno.

DSC-18 Derribadora selectiva de café.
Cenicafe Centro de Investigación en café

1. Introducción

Una de las principales problemáticas estructurales que enfrenta el sector cafetero es el impacto de la recolección en los costos de producción, según Ramírez G., et al (2013), en el avance técnico 438 de Cenicafé,(2017) la recolección de café en Colombia no solo es la actividad con mayor participación en los costos totales de producción (40% - 45%), también es una labor que cuando se realiza sin control adecuado, afecta notablemente los ingresos del caficultor por factores como las pérdidas por frutos caídos al suelo, que pueden representar el 10% de la producción de la finca, así como los frutos maduros que se dejan sin recolectar y que inciden en el manejo de la broca del café. Sumado a esto un factor que incide en el alto costo de la recolección es la escasez de mano de obra, Leibovich G., et al (2017) la dirección de investigaciones económicas de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), en 2017 verificó que esta escasez relativa está asociada a la disminución de la fuerza de trabajo disponible, explicada por diversos factores como son una menor participación de los jóvenes entre 20 y 30 años, flujo de trabajadores motivados a migrar hacia otros sectores de la economía (comercio, construcción, minería) en busca de mejores condiciones laborales, una menor migración interdepartamental para trabajar en recolección, y la falta de innovación tecnológica con que se ha realizado históricamente la actividad, lo cual la hace poco atractiva (Genaro L, 2017).

La caficultura en Colombia ha sido un motor de la economía generando empleo, el sector genera cerca de 785 mil ocupados. El Ministerio de Agricultura resalto el aporte a la economía del país de la caficultura, siendo el café el mayor producto agrícola de exportación, llegando a 12,6 millones de sacos de café verde exportados en 2021 y aportando 15% del PIB agrícola del país además representa 2,5 millones de empleos directos e indirectos Zea, R (2022) Proyectamos que la producción de café estará en 13,2 millones de sacos este 2022, lo que representará un crecimiento de 5% frente al año anterior” en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias>. Sin embargo, en la generación de capital y en la rentabilidad del sector se ha podido observar un decaimiento por los altibajos e incertidumbre de los precios de compra de café, los cuales son

determinados en la bolsa de Nueva York donde influye la tasa de cambio, el contrato C^1 y las especulaciones del mercado. En la estructura de costos de las empresas cafeteras se evidencia que el mayor impacto se produce en la labor de recolección del café con un 45% del costo total de producción Vélez, R (2018), la mano de obra juega un papel primordial en esta labor ya que el café de Colombia se caracteriza por la selectividad de sus cerezas de café, donde se realiza una labor de recolección manual seleccionando las cerezas maduras, lo que impacta en los costos totales de producción de café. Esta problemática sumada a la escasez de la misma mano de obra conlleva a realizar estudios que promovieran la disminución del costo de recolección por medio de métodos que aumenten el rendimiento de la actividad y disminuyan el costo, el método “cosecha asistida” promueve un cambio en técnicas de recolección y aplica desarrollos innovadores sustentados en la teoría y en demostraciones controladas.

Por medio de la presente investigación se busca demostrar la incidencia de este método desarrollado por expertos en el sector cafetero, que a través de sus investigaciones lograron establecer un sistema que disminuye costos de producción aumentando los rendimientos de recolección del café a través de la semi-mecanización de esta labor, mejorando a su vez algunos factores intrínsecos del proceso de producción de café de alta calidad. La necesidad de los agricultores de establecer el conocimiento en campo llevó a formular esta investigación donde llevaremos a situaciones naturales de campo el conocimiento generado por la investigación y comprobaremos la efectividad del método, evidenciando la disminución de costos en las condiciones naturales de las empresas cafeteras. Toda investigación desarrollada necesita una validación ya que las pruebas realizadas se han desarrollado en condiciones controladas en las granjas de Cenicafé, por tal motivo nos damos a la tarea de establecer este método en distintas fincas de Antioquia con condiciones no controladas donde podamos identificar la incidencia en la estructura de costos de producción de café y analizar los rendimientos en la recolección del café que trae establecer “cosecha asistida” en las empresas cafeteras analizadas en -Antioquia, para tal fin evaluaremos los siguientes indicadores: rendimiento con su variable eficiencia medida en kilogramos operario hora, calidad con su variable porcentaje de frutos verdes en masa recolectada, eficacia con su variable kilogramos de frutos maduros dejados en el árbol y pérdidas con su variable kilogramos de frutos dejados en el suelo ya sean maduros o frutos verdes. La rentabilidad

¹ Contrato de futuros cuyo valor es utilizado como referencia para formar el precio internacional del café colombiano.

de la caficultura en Colombia es un imperativo para garantizar la viabilidad de la actividad y la sostenibilidad económica del productor en el corto, mediano y largo plazo. Uno de los mayores retos que tiene la caficultura en Colombia es la necesidad de mejorar los costos de producción sin que se vean disminuidos los índices de productividad. Para llevar a cabo este fin es necesario tener en cuenta aspectos del desarrollo regional como el acceso y uso de la tierra, la formalización de la propiedad, la frontera agrícola y las zonas de reserva campesina; el desarrollo de programas con enfoque territorial; la necesidad de infraestructura productiva; las carencias en seguridad social, educación, salud y vivienda en la población rural; la necesidad de estímulos apropiados para la producción y la productividad agropecuaria; la formalización del empleo, y el mejoramiento de la capacidad para generar ingresos en los habitantes del campo.

1.1 Planteamiento del Problema

Cenicafé a través del desarrollo tecnológico ha venido investigando la mecanización de la cosecha para las condiciones medio ambientales, sociales y culturales de Colombia. En la caficultura colombiana, cuyos inicios se remontan a más de 150 años, la herramienta más usada para recolectar café han sido los “cocos”, pero la escasez de mano de obra y la necesidad de mejorar la rentabilidad del productor han hecho que Cenicafé haya direccionado sus investigaciones a nuevas tecnologías, según el informe del gerente de FNC en el congreso nacional de 2018 Vélez R, (2018) Informe de gestión. la derribadora selectiva de café Brudden DSC-18 es fruto del trabajo conjunto del equipo científico de Cenicafé, especialmente de la disciplina de postcosecha, quienes por años se han dedicado a optimizar métodos de recolección, y el equipo de la empresa Brudden de Brasil, con más de 35 años de experiencia en la fabricación de equipos agrícolas del más alto nivel. En los dos últimos años, miembros de Cenicafé y Brudden dedicaron horas de trabajo, ensayo y error, y adecuaciones a la topografía colombiana y a la fisiología del cafeto arábigo hasta lograr entregar a satisfacción un equipo óptimo que reduzca los costos de producción del café, los rendimientos de un recolector están influenciados por factores inherentes a él como la motivación y la técnica que utilice, además de factores que están relacionados directamente con el cultivo como la oferta de grano maduro, la pendiente, la edad del cultivo, el clima entre otros. En la búsqueda de disminución de costos de recolección se tiene como premisa aumentar los rendimientos de esta labor, es así como por medio de la DSC se logra, en picos de cosecha,

aumentar el volumen de café recolectado por cada persona teniendo las condiciones apropiadas para lograrlo como oferta de grano maduro, adecuación de lonas entre otros. En Colombia se ha venido investigando la forma de mecanizar la cosecha de café, desde hace más de 20 años se ha introducido técnicas que mejoren los costos de la recolección por medio de lonas en los suelos de los cafetales y cosechadoras semi mecánicas que se adapten a las características de la caficultura Colombiana en especial en el sentido de la selectividad de la cosecha, en países como Brasil se han adaptado máquinas que disminuyen ostensiblemente los costos ya que ellos tienen otras condiciones ambientales y en su gran mayoría no tienen problemas de selectividad de las cerezas de café. El boletín electrónico 351 de FNC (2018) muestra el resultado de varios años de estudio y de rigurosas pruebas y ensayos en diferentes zonas cafeteras del país, donde se encontró que con la derribadora Brudden DSC-18 el caficultor puede recolectar en promedio 50% más café que por el método tradicional de cocos. La FNC y Cenicafé, presentó la derribadora Brudden DSC-18, que optimiza sustancialmente la recolección del grano sin afectar su selectividad. Este desarrollo tecnológico, un hito en el sector cafetero mundial, es resultado del incansable trabajo de la FNC para reducir costos de recolección por kilogramo de café cereza, reduciendo la mano de obra y mejorando la rentabilidad de los productores. Con base en cálculos preliminares y rigurosas mediciones, incluida la optimización de tiempos, con la derribadora Brudden DSC-18 el caficultor puede recolectar en promedio 50% más café que por el método tradicional de cocos, lo que significará un menor costo por kilogramo de café cereza recolectado. Este incremento varía dependiendo de la habilidad del operador de la máquina, Sáenz J & Duque H (2020). Según Sáenz J & Hincapié J (2020), para la aplicación de esta tecnología es sabido que se necesita tener unas características y condiciones agronómicas y administrativas, el paquete tecnológico no es aplicable al 100% de las fincas cafeteras de Colombia es necesario cumplir con algunos requisitos que la hagan viable y así cumplir los objetivos de este desarrollo, entre las condiciones de tipo medio ambiental podemos observar que la pendiente máxima para la aplicación de esta es de 70%, además se debe garantizar tener concentraciones de cosecha mínimamente dos veces al año. Entre las condiciones agronómicas se debe tener en cuenta variedades de semilla desarrolladas para Colombia como: Castillo, Cenicafé I, Colombia. Se debe realizar un manejo agronómico que conlleve a tener cafetales jóvenes tecnificados, y realizar un manejo integrado de las arvenses, no debe tener infestaciones de broca mayores del 2% para poder hacer retenciones de pases y no tener cultivos intercalados, es posible asociar cultivos, pero en los laterales del cultivo como barreras

vivas. La necesidad de desarrollar tecnologías innovadoras para el sector cafetero se hace evidente si se analizan los costos de producción y la escasez de mano de obra en épocas de cosecha, para dar solución a estos problemas Cenicafé desarrolló el método de “cosecha asistida” el cual consiste en aumentar los rendimientos de la recolección de café por medio de nuevas tecnologías y aplicando conceptos agronómicos para su ejecución por medio de este método es posible disminuir los costos totales de producción hasta en un 15% y los costos de recolección en un 50% mejorando así la rentabilidad del sector cafetero, todas las pruebas de campo que se han venido realizando han sido en condiciones controladas en fincas de investigación de Cenicafé, lo cual no ha permitido establecer datos de campo específicos para las distintas regiones de Colombia además es importante tener en cuenta que el método solo se puede validar en los picos de cosecha que en las regiones de Colombia son dos uno a principio de año y otro a finales de año, lo que dificulta las demostraciones de método en situaciones de campo, otro factor de gran relevancia es la adopción de tecnología, las nuevas tecnologías se deben establecer con planes de capacitación y acompañamiento para lograr el entendimiento y adopción. Estos factores llevan a formular esta investigación donde se va a validar el desarrollo de cosecha asistida y su eficacia en fincas con condiciones no controladas, de tal forma que se demuestre la influencia en los costos de producción del método y los beneficios en el manejo agronómico y administrativo que genera la utilización de este, en la figura 1 se muestra el árbol de problema.

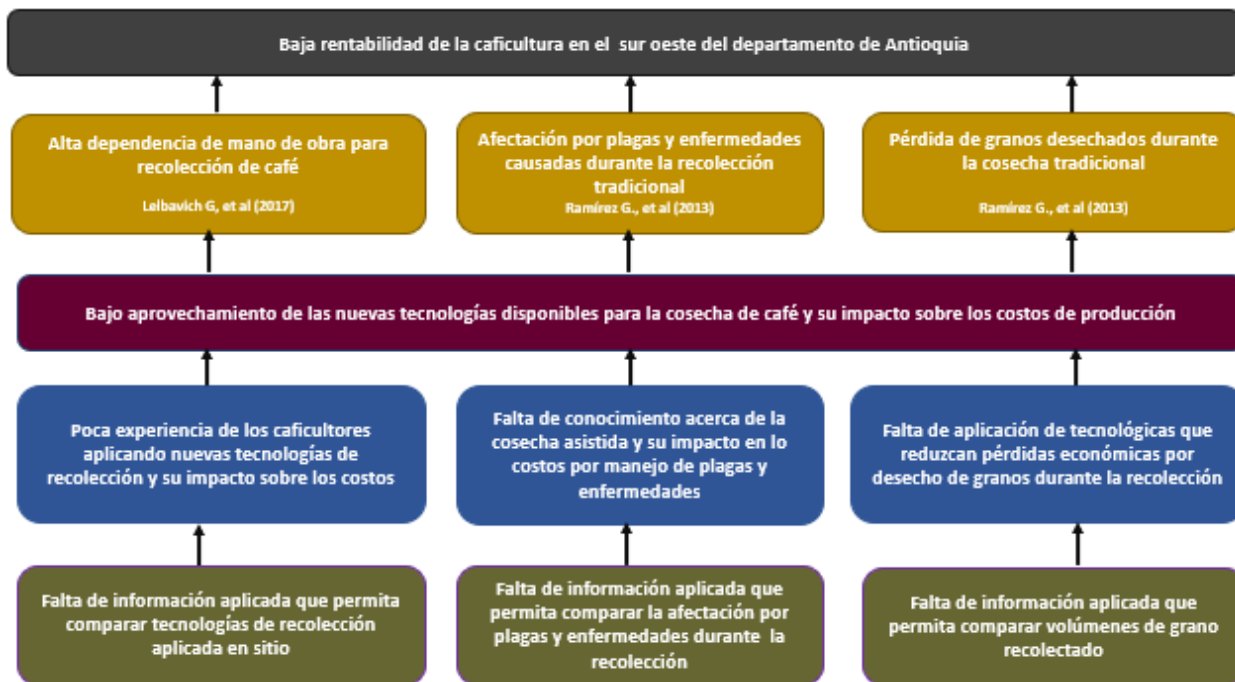


Figura 1

Fuente: Propia

Objetivo General

Evaluar la incidencia en los rendimientos y pérdidas en la recolección de café de la tecnología cosecha asistida en cuatro fincas de Antioquia. Comparando tres métodos de recolección.

Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento, la eficacia, las pérdidas y la calidad de la cosecha de café utilizando los métodos: manual, uso de lonas con manipulación manual y uso de lonas con derribadora.
- Comparar mediante análisis marginal y viabilidad económica el desempeño de los tres métodos de recolección de café.

2. Marco teórico

La competitividad global ha venido desarrollando cambios fundamentales en las capacidades del campo en las áreas del conocimiento, el aprendizaje y la innovación dentro de una economía basada en el conocimiento (Lundvall, 1992; OECD, 2000). Esto nos infiere la importancia de desarrollar tecnologías innovadoras que generen fácil adaptación y mejoren las actividades agrícolas basadas en conocimientos propios, en búsqueda de mejoramiento continuo. Por otra parte, la innovación es un fenómeno social complejo, resultante de la interacción entre actores diversos y tiene como consecuencia el crecimiento económico y el bienestar humano Robledo & Ceballos, (2008).

Las nuevas tecnologías se introducen en paquetes que llevan varios componentes los cuales pueden ser similares a los tradicionales sin embargo es probable que puedan modificarse y se puedan adaptar de forma independiente, Ainembabazi & Mugisha (2014). La adaptación y transferencia exitosa en países en desarrollo es un proceso complejo en el que interfieren distintas variables, la experiencia agrícola es en gran medida útil en las primeras etapas de adopción de una tecnología dada para algunos cultivos, cuando los agricultores aún están probando sus beneficios potenciales. Luego, los agricultores pueden abandonar la tecnología si los beneficios son menores que los esfuerzos utilizados, especialmente si la tecnología requiere mano de obra y requiere una

expansión del tamaño del lote. Esto implica que, además de los avances graduales en las mejoras tecnológicas, la capacitación continua de los agricultores experimentados es esencial para que puedan seguir actualizando sus experiencias agrícolas y aumentar la adopción de tecnologías agrícolas mejoradas. Ainembabazi J. & Mugisha J. (2014).

El desarrollo de nuevas tecnologías para la recolección de café llevo a Cenicafé a realizar investigaciones en las que se aumentara el rendimiento de la labor de la recolección del café, de esta manera se desarrolló el método de lonas manual, avance técnico 487, Sans R, et al (2018), realizaron una evaluación en la estación experimental el Tambo en el Cauca, comparando el método de recolección tradicional o manual con el método de recolección con lonas manual, donde pudieron evidenciar que el rendimiento de los recolectores fue superior con el empleo de las lonas. El promedio general fue un 41% más, a favor de la recolección con lonas, además lograron concluir que la utilización de lonas no es para todos los pases de cosecha, solo es conveniente utilizar el método de lonas manual cuando tenemos una oferta de grano maduro mayor a 600 gramos por árbol y se han realizado retenciones de pases de 30 a 35 días. También se logró evidenciar en este ejercicio una disminución de pérdidas de frutos al suelo que puede llegar a ser de hasta el 10%.

En la búsqueda de la selectividad, en el 2016 se inició un trabajo conjunto entre la empresa Brudden de Brasil y Cenicafé, con el fin de aplicar un principio físico que había demostrado selectividad en trabajos realizados en el 2006 (Cardona, 2006). Se quería aprovechar que el pedúnculo de los frutos maduros necesita menor número de ciclos para fallar a fatiga, que el de los frutos verdes, sin embargo, se requería trabajar a altas frecuencias para derribar los frutos en un tiempo del 27 orden de las milésimas de segundo, para hacer factible el uso de este principio. Por esta razón, con base en ensayos preliminares, se seleccionó una frecuencia de 220 Hz, que requiere una gran robustez mecánica para obtener un equipo fiable.

Muñoz Ruiz, Carlos en el 2007 evaluó la rentabilidad de dos sistemas de producción de plátano, convencional y tradicional mediante la relación beneficio costo, en el artículo: comparación económica de dos sistemas de producción de plátano en la zona norte de Costa Rica, encontraron que la actividad es favorable para los agricultores con cualquiera de los dos sistemas de producción, no hubo diferencias marcadas en tasa de retorno marginal de los dos sistemas de producción, concluyendo que se considera rentable la inversión inicial y la actividad comercial del plátano por tres generaciones consecutivas, en ambos sistemas de producción evaluados.

2.1 Marco conceptual

El concepto de innovación tecnológica abarca conceptos de perspectiva del aprendizaje por la práctica, el acompañamiento en el desarrollo de estas prácticas es vital para su adopción a largo plazo y la intensificación, para las compañías dedicadas a los agronegocios como para los agricultores el cambio de prácticas o actividades en sus cultivos genera un temor y rechazo en la medida del desconocimiento y la incertidumbre de la efectividad de un nuevo desarrollo. La transferencia de tecnología es una técnica para crear innovación y es una fuerza impulsora para el desarrollo económico y rendimiento de los agronegocios en un país en desarrollo, Macharia S. & Wang D. (2019).

Nelson & Rosenberg, (1993) indican que el concepto de innovación es restringido y ha utilizado la perspectiva del aprendizaje por la búsqueda y explotación, sin embargo Freedman (1987) y Lundvall (2007) , quienes consideraron la innovación en un concepto más amplio donde la innovación va más allá de ser tecnológica o no tecnológica, han preferido definir la innovación como un proceso que abarca, además de la introducción de innovaciones por primera vez en el mercado, su “difusión y su uso”, surgiendo la perspectiva del aprendizaje por la práctica.

Los académicos han descrito los agronegocios como la principal economía para los pequeños agricultores en el sector informal (Rademaker et al. 2016), pero no solamente se limita al sector informal ya que Eskesen, Agrawal y Desai (2014) analizan los agronegocios como la colección de empresas que trabajan dentro de la cadena de valor agrícola, esto incluye agricultores individuales, productores, proveedores de servicios e intermediarios, la cadena de valor se ve centrada en el ser humano con el fin de mejorar el conocimiento, las actitudes, las prácticas y las habilidades a través de la educación y otros servicios de apoyo técnico para los agricultores.

Según Sáenz J & Hincapié J (2020), la gerencia técnica de la FNC maneja el concepto de cosecha asistida donde prima la idea de no reemplazar la mano de obra, sino que los caficultores se vean beneficiados a través de hacer más cómoda y eficiente la labor de la recolección disminuyendo tiempos y movimientos, este concepto tiene tres componentes principales, la retención de pases que busca aumentar la oferta de café maduro en los lotes, la cosecha manual de café con lonas que se utiliza en compañía de la retención de pases y aumenta la velocidad de

recolección de café y a su vez los rendimientos, por último la cosecha de café con lonas y DSC-18 que se utiliza solamente en los mayores países de café y en compañía de la retención de pases y de lonas recolectoras.

2.2 Marco Referencial

La literatura sobre adopción de nuevas tecnologías y transferencia de tecnología nos muestra algunos trabajos que podemos analizar, como “el papel de la experiencia agrícola en la adopción de tecnologías agrícolas: evidencia de los pequeños agricultores en Uganda” John Herbert Ainembabazi y Johnny Mugisha (2014). En esta investigación se indaga por las metodologías apropiadas para establecer una tecnología en agricultores pequeños de Uganda, investiga sobre la relación entre la adopción y la experiencia con las tecnologías agrícolas. Se desarrollo basados en estimaciones paramétricas y no paramétricas de pequeños agricultores. Encontraron que la experiencia agrícola es en gran medida útil en las primeras etapas de adopción de tecnología cuando los agricultores aún están probando sus beneficios potenciales.

Muñoz Ruiz, Carlos. (2007), realizo una investigación “Comparación económica de dos sistemas de producción en plátano en Zona Norte de Costa Rica”. En esta investigación se evaluó la rentabilidad de dos sistemas de producción de plátano, donde encontraron que ambos sistemas de producción de plátano son ventajosos económicamente para estos productores, pero el sistema llamado “tradicional” es el que se recomienda utilizar en la práctica porque usa menos productos químicos y es el más sostenible.

Samwel Macharia Chege y Daoping Wang (2019), realizaron una investigación “El impacto de la transferencia de tecnología en el rendimiento de los agronegocios en Kenia, Análisis de Tecnología y Gestión Estratégica”. La investigación se basó en el estudio de la influencia de la transferencia de tecnología en el desempeño de las pequeñas empresas agrícolas en países en desarrollo. Este estudio utilizo un enfoque de investigación cuantitativo, con los gerentes de pequeñas empresas en Kenia, el objetivo principal de este estudio fue evaluar el impacto de la transferencia de tecnología en el desempeño de las empresas de agronegocios. Y logra concluir que las políticas de transferencia de tecnología de los gobiernos deben centrarse en crear un entorno que promueva las estrategias económicas físicas y sociales que pueden reducir la brecha tecnológica.

Existen procesos de aprobación y generación de proyectos de las compañías para llevar al mercado nuevos productos, el sistema Stage-Gate promueve una serie de procedimientos con el fin de ser más efectivos en el desarrollo y promoción de proyectos para las compañías este modelo se basó en una investigación sobre los procesos ejecutados por desarrolladores de productos exitosos Cooper G (1980), ha servido para muchos desarrolladores de nuevos productos y sugiere mejores prácticas para cada fase y define que información es esencial, Stage-Gate está compuesto por fases y puertas (5 fases y 5 puertas) y se ha venido desarrollando y cambiando, dependiendo de las necesidades de las compañías, este modelo se ha convertido en un sistema de siguiente generación ya que las compañías lo modifican y mejoran constantemente.

Por medio de esta metodología se generan desarrollos tecnológicos que facilitan los procesos en las compañías, aumentan los rendimientos y disminuyen carga laboral,

Dentro de las propuestas de investigación que fueron revisadas en la literatura se encontró un documento “Rendimiento operacional de recolección de café mecánicamente y selectividad de acuerdo con la fuerza de desprendimiento de la fruta”, Flávio da Silva Castro, Fábio Moreira da Silva, Antonio Carlos da Silva, Murilo Machado de Barros, Marcos Antonio Zambillo Palma (2011). En esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la recolección mecanizada en café en ocho progenies de acuerdo con la fuerza de tracción necesaria para el desprendimiento de la fruta. Se busco aumentar la fuerza de desprendimiento de frutos de café en la planta con el fin de encontrar las diferencias que hay entre desprender frutos verdes y frutos maduros de la planta. Se concluyo que existen diferencias en los rendimientos y fuerza de desprendimiento para las distintas variedades y que la eficiencia en la cosecha está relacionada con la fuerza de desprendimiento de frutos maduros en la planta.

3. Metodología

3.1 Área de estudio

El estudio de campo se llevó a cabo en la finca Yarumal ubicada en la vereda los Farallones del municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia, Colombia. A 1650 msnm, con coordenadas N: 05° 51' 28,2'' y W: 076°02' 07'', sembrada con variedad castillo-Colombia-caturro, con densidad promedio de 7000 árboles por hectárea, edad promedio de 3 años y una pendiente aproximada del

60%. Tiene productividades promedio de 360 arrobas por hectárea, sombrío de 20% y su cafetal es joven tecnificado.

En esta área podemos encontrar suelos de la unidad Salgar, dichos suelos están conformados por esquistos arcillosos, o pizarras con intercalaciones de cuarcitas. Están comprendidos en las zonas de vida de bosque muy húmedo Premontano, bosque muy húmedo Montano Bajo, bosque húmedo Tropical con pendientes generalmente fuertes y muchos de ellos se encuentran en avanzado estado de erosión. Son suelos de características cascajosos en todo el perfil, susceptibilidad a la erosión alta, drenaje externo e interno muy rápidos, aireación buena, textura franco-arcillosa limosa o francolimosa, color rojizo, estructura granular, consistencia friable, permeabilidad muy buena, profundidad efectiva bastante limitada; a veces el suelo se reduce a una pequeña capa de materia orgánica, Productividad alta, fertilidad buena, Jaramillo, D (2002)

La distribución de la precipitación está dada por periodos intermitentes de altas lluvias, generalmente en abril-mayo y Octubre-Noviembre, y periodos de bajas lluvias en Junio-Julio y Enero-Febrero. La precipitación media anual es de 1800 mm (P.A.M. 1997). Su temperatura media es de 22°C, teniendo en cuenta que puede bajar hasta alrededor de 13°C (incluso en las zonas altas se dan temperaturas más bajas), luminosidad promedia de 1450 h/año y humedad relativa entre 70 y 80%. Jaramillo, D (2002)

La finca Portugal está ubicada en la vereda el guayabo del municipio de Santa Bárbara, Antioquia, Colombia. A 1900 msnm, con coordenadas N: 05° 55' 45,6'' y W: 075°34' 15.3'', sembrada en variedad Castillo, con densidad promedio 10.400 árboles por hectárea, edad promedio 4 años, con pendientes que oscilan entre el 60% y 70% el trabajo se realizó en arboles de tres años de zoca, para los tres métodos se requirieron 600 árboles, sin sombrío.

La finca El Tambo está ubicada en la vereda pedral arriba del municipio de Betania, Antioquia, Colombia. A 1750 msnm, con coordenadas N: 05° 45' 12,4'' y W: 076° 00' 02.2'', sembrada en variedad Caturro, con densidad promedio 5.555 árboles por hectárea, edad promedio 3 años, con pendientes que oscilan entre el 60% y 70% el trabajo se realizó en árboles de tres años de zoca, para los tres métodos se requirieron 1039 árboles, con sombrío de 30%.

La finca El Balcón está ubicada en la vereda los mangos del municipio de Fredonia, Antioquia, Colombia. A 1850 msnm, con coordenadas N: 05° 55' 56,9'' y W: 075° 37' 38.2'',

sembrada en variedad Castillo, con densidad promedio 8.333 árboles por hectárea, edad promedio 5 años, con pendientes que oscilan entre el 60% y 70% el trabajo se realizó en árboles de cinco años, para los tres métodos se requirieron 647 árboles, con sombrero de 30%.

3.3 Recolección de información

3.3.1 Descripción de los tratamientos

Para cada finca objeto de estudio, se contó con el apoyo de dos trabajadores y se dedicaron 3 días para la aplicación de cada uno de los métodos de recolección asistida, uno por cada día. Los datos fueron recolectados en el pico de cosecha, ya que es el momento de mayor oferta de cerezas maduras de café después de permitir retención de pases de 35 días.

A continuación, se explica en que consiste cada uno de los tratamiento o métodos de recolección a evaluar en este trabajo.

3.3.1.1 Cosecha de café manual con lonas

En la cosecha de café con lonas se realizan diferentes actividades según el avance técnico 487. Saenz R, et al.,(2018) las cuales deben ser ordenadas y ejecutadas en el menor tiempo posible para que tengan efecto positivo favorable sobre el rendimiento de los operarios. La descripción que aquí se hace es en la modalidad más sencilla, es decir de dos operarios con dos lonas (figura 3). Esta situación variaría cuando se realice trabajo en grupos mayores, los siguientes son las etapas básicas de este tipo de recolección:

- **Extender:** El primer paso consiste en extender las lonas a cada lado del surco a recolectar, cuidando que el borde extremo con la felpa del Velcro coincida con el borde que tiene las cerdas, para poder cerrar. Hay que dejar sobrantes suficientes en los extremos para que no haya pérdidas de frutos cuando se cosecha con la máquina. También se deben hacer las figuras y pliegues de la lona para capturar los frutos desprendidos, especialmente en lotes con altas pendientes.
- **Pegar:** La siguiente actividad consiste en pegar el cierre Velcro teniendo cuidado que la cobertura de la lona sea máxima debajo de los árboles, abrazando el tallo principal del árbol. Es importante que el cierre se haga formando una cresta en el centro del surco, con el fin de facilitar la posterior recolección de los frutos sobre las lonas.

- Cosechar: Los recolectores solamente desprenden los frutos maduros, teniendo cuidado de no empuñar frutos en la palma de la mano. Para esto se recomienda también hacerlo en orden de arriba hacia abajo en el árbol y de adentro hacia fuera.
- Despegar: Sucesivamente se despega cuidadosamente el cierre Velcro, procurando que los frutos que están cerca de la cinta velcro rueden del extremo hacia el centro de la lona. Cuando se despegan las lonas se estima si el café en cada lona es menor que 50 kg. Si es menor se halan las lonas hasta los árboles no recolectados, más adelante en el mismo surco, y se realizan nuevamente las actividades pegar, cosechar y despegar.
- Recoger: La siguiente actividad entonces consiste en recoger el café recolectado en el final de la lona, pasándola por el hombro del recolector mientras se desplaza hasta el extremo; esto hace que los frutos rueden por la diferencia de altura.
- Limpiar: La actividad que se tiene a continuación consiste en remover las impurezas que han caído a las lonas mientras se hace el desprendimiento de los frutos, como son hojas en su mayoría y algunos trozos de ramas secas. Hay que realizar esta actividad en el menor tiempo posible.
- Empacar: Después de tener el café limpio se procede a empacarlo en estopa. La flexibilidad de las lonas facilita mucho esta labor pues el café se encuentra todo recogido en su extremo. Una vez se haya empacado el café en la estopa se procede nuevamente a extender las lonas y continuar con los ciclos subsiguientes hasta que se termine la jornada.

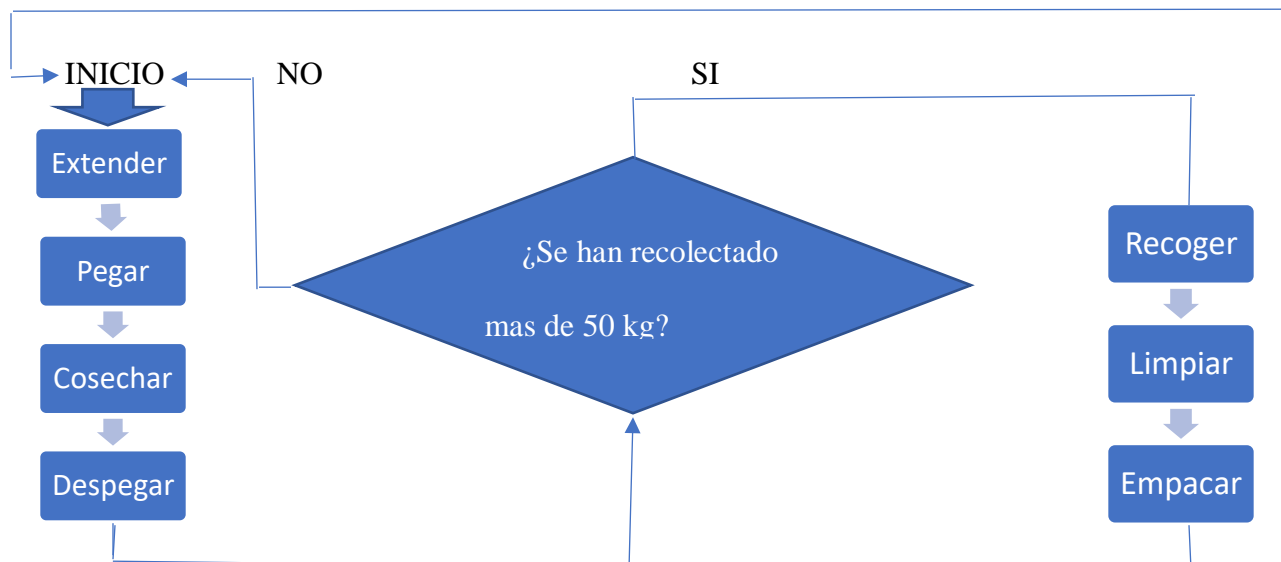


Figura 2

Fuente: Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café en el departamento del Tolima. Sanz J. & Hincapie J. (2020)

3.3.1.2 Cosecha de café con derribadora selectiva y lonas

El proceso de recolección asistida (figura 4) con la máquina derribadora comprende las siguientes etapas según el boletín técnico 43 de Cenicafé:

- Alistar: Consiste en tener listos los implementos y equipos para realizar la cosecha de café con la derribadora. Ellos son máquinas, combustible, lonas, empaques, elementos de protección para los operarios y atuendo para lluvia. Tener claro el lote y los surcos que se van a cosechar durante la jornada.
- Extender Lonas: Consiste en desplegar las lonas y ubicarlas en las calles, debajo de los árboles, con los extremos macho y hembra del Velcro coincidiendo, como se describió en la cosecha de café con lonas.
- Pegar las Lonas: Consiste en cerrar el Velcro de la manera descrita en la cosecha de café con lonas.
- Cosechar con la Máquina: Consiste en utilizar la máquina de la manera descrita anteriormente, ubicándose perpendicular a las ramas que se van a cosechar, con acceso a los puntos donde se deben realizar los toques, derribando los frutos al piso donde los recibe la lona. Hay árboles que tienen las cruces escalonadas en los cuales se puede hacer varios

toques con un solo movimiento. El toque en cada rama puede ser de arriba hacia abajo o al contrario.

- Repase: Consiste en desprender manualmente los frutos cosechables que aún quedan en los árboles, y soltándolos al piso, aprovechando que las lonas todavía están cubriendo el suelo.
- Abrir Lonas: Consiste en despegar cuidadosamente el Velcro como se describió para la cosecha de café con lonas.
- Reubicar Lonas: Consiste en mover las lonas, vacías o con café en su interior, hasta el lugar donde se va a realizar la cosecha nuevamente.
- Limpiar Café: Consiste en remover las hojas y otras impurezas que hay en las lonas con el café recolectado, lo mismo que como se hace con cosecha de café manual con lonas. Hay que tratar de hacer que esta actividad no sea muy demorada.
- Empacar Café: Consiste en descargar el café limpio de hojas e impurezas en las estopas. Es importante tener cuidado de no sobrepasar las recomendaciones de seguridad y salud en el trabajo relacionadas con pesos máximos a ser cargados por operarios (Icontec, 2014).
- Acopiar Café: Consiste en transportar la masa de frutos de café recolectada durante la toda la jornada, hasta el lugar en donde va a ser pesado.

3.3.1.3 Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC-18

La Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18, consta de tres partes principales: sistema motriz, transmisión remota de potencia y cabeza de cosecha (figura 2). El sistema motriz es un motor de combustión interna de dos tiempos con una potencia de 0,95 kW (1,3 hp) a 9.000 r/min. El resto de partes están desarrolladas con una velocidad motriz de 9.000 r/min \pm 500 (r/min), con el fin de lograr el efecto deseado sobre los frutos, por eso el motor debe estar calibrado para que alcance esta velocidad de giro, teniendo en cuenta la altitud del lugar a la que se va a trabajar. La transmisión de potencia remota se hace a través de un tubo de aluminio, dentro del cual hay un eje muy resistente, que transmite el movimiento giratorio desde el motor hasta la cabeza de cosecha. Saenz J & Duque H, (2020). Boletín técnico 43. Cosecha con la derribadora selectiva de café Brudden DSC18

La cabeza de cosecha, que es el elemento principal de la máquina, tiene dos funciones principales: aumentar la velocidad de giro a una relación de 1,0:1,5 y convertir el movimiento

giratorio en movimiento oscilatorio. Al final de la cabeza hay una horquilla en forma de “U” hecha de una aleación de aluminio altamente resistente, que oscila a 220 Hz, con una amplitud de 3 mm. La cosecha con esta máquina se hace normalmente tocando la rama con las caras externas de la horquilla, puede ser de arriba hacia abajo o, al contrario.

Figura 4

Derribadora selectiva de café

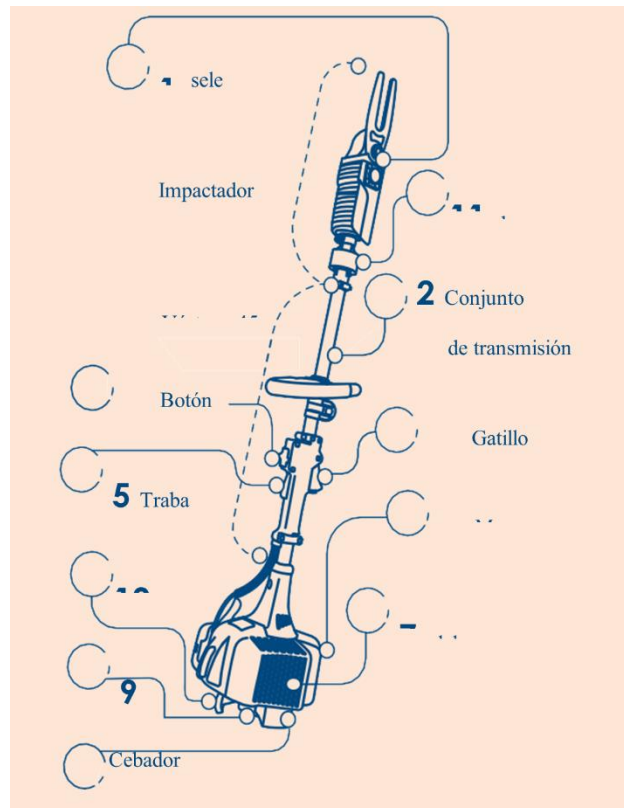


Figura 4: Partes de la máquina derribadora DSC-18

Fuente: Aplicación de nuevas tecnologías para el cultivo del café, (2020)

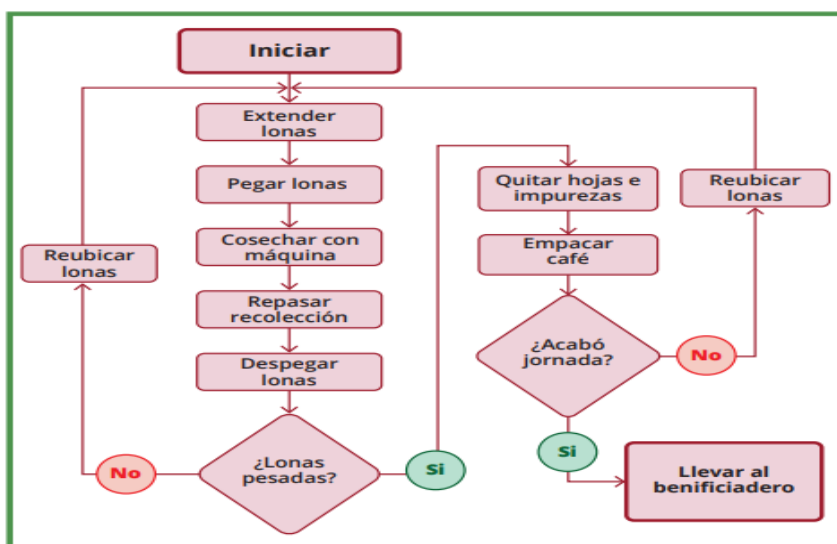
La cosecha de café con la derribadora debe hacerse de una manera especial y acompañada siempre de las Lonas para recibir los frutos desprendidos por la máquina. Primero se deben buscar las ramas que tengan alta concentración de frutos maduros, el operario se debe ubicar perpendicular a las ramas que va a cosechar y debe realizar un toque firme, puntual y corto (menor a un segundo) sobre la rama, a unos 5 o 10 cm después del punto de inserción tallo principal. Desde una posición puede cosechar varias cruces de ramas. Cuando se hace el toque, las vibraciones empiezan a propagarse por la rama haciendo que los frutos en ella oscilen a esta alta frecuencia hasta que la

estructura del pedúnculo falla por acumulación de ciclos (fatiga). Si el toque es muy largo, se caen todos los frutos, por lo que es importante la experiencia del operario con la máquina. Para disipar las vibraciones que llegan al operario a través de la estructura cuando utiliza la derribadora, el equipo posee un amortiguador conformado por un acople con un elastómero de características especiales. En ramas secundarias y terciarias no hay propagación de las ondas, por eso la derribadora es apta solo para trabajar en ramas primarias. Esta condición limita el uso de la máquina en plantaciones donde se practican podas, como la poda calavera. Hay también árboles de edad avanzada, en los cuales es común encontrar ramas secundarias y terciarias en las partes bajas del árbol, que pueden ser cosechados con la máquina. Se realiza la cosecha normalmente en las ramas primarias y en las ramas secundarias se aplica la cosecha con la parte interna de la “U” de la horquilla.

Las lonas son implementos fabricados con mallas de 70% de sombreamiento, de 3,0 m x 12,5 m, hechas de fibra de polipropileno y con cierre Velcro en sus extremos más largos, las cuales son extendidas debajo de los árboles, con el fin de recibir los frutos desprendidos, ya sea manualmente o con máquina, Saenz R, et al.,(2018).

Figura 3

Flujo de cosecha con DSC-18



Fuente: Boletín técnico 43. Cenicafé

3.3.3.3 Cosecha tradicional con coco

Este método permite realizar movimientos en el lote y en el árbol que hacen más eficiente el trabajo de los cosecheros, solo necesita llevar el coco recolector. Las siguientes son las etapas básicas de este método de recolección:

- Movimientos en el surco. Los recolectores deben desplazarse en el sentido Desplazamiento por caras en un solo sentido a través del surco del surco, cosechando las dos caras interiores de cada planta.
- Movimientos en el árbol. La cosecha de las ramas de la cara del árbol debe realizarse en zig-zag de arriba hacia abajo.
- Movimiento en las ramas. La rama se debe cosechar del tallo del árbol hacia afuera.
- Movimientos del cuerpo. Al momento de recolectar los frutos en los estratos medio y alto, se debe mantener una pierna hacia adelante, cambiándola con la otra extremidad para evitar fatiga. El recolector debe procurar que, al cosechar, los brazos permanezcan a la altura del corazón.

3.3.2 Diseño experimental

Para iniciar el trabajo fueron capacitados los operarios en manejo de la derribadora selectiva de café y el manejo de lonas recolectoras, se seleccionaron lotes que tuviesen las mismas características tanto físicas como agronómicas, fueron demarcados y la recolección se planeó para iniciar después de permitir una retención de pases de 35 días, buscando así aumentar la oferta de cerezas maduras en los lotes.

De cada lote se demarcaron 60 árboles escogidos al azar para realizar una evaluación de eficacia de cada uno de los tres métodos de recolección asistida, para evitar posibles sesgos los árboles fueron marcados en lugares invisibles a los operarios que trabajaron en cada lote. Sin embargo, los árboles escogidos debían cumplir con las siguientes características: inclinaciones entre el 40% a 65%, variedad castillo, densidad promedio de 8000 árboles por Ha y edad 4 años.

La recolección para esta investigación siempre se hizo con el sistema: dos máquinas, dos lonas y dos operarios para el método de Lonas y derribadora, dos operarios y tres pares de lonas para el método de lonas manual y dos operarios y dos cocos recolectores para el método tradicional de recolección. Las pruebas se hicieron por toda la jornada, por lo que la duración de la jornada

fue variable dependiendo del clima y los tiempos de descanso y alimentación. Las variables de respuesta fueron duración de la jornada (horas), masa de café recolectado (kg), contenido de frutos verdes en la masa cosechada (%), frutos maduros dejados en los árboles (frutos/sitio) y frutos caídos al suelo (gramos/sitio). Con la masa recolectada y el tiempo empleado durante la jornada se calculó el rendimiento (kg h⁻¹).

Una de las actividades previas al desarrollo de la actividad en campo es la retención de pases con la cual podemos aumentar la oferta de grano maduro en los lotes y así aumentar la productividad de la recolección de café, según el avance técnico 488, Sáenz R, et al.,(2018), indica que es posible aumentar los pases de cosecha en intervalos mayores a 20 días, esto permite aumentar la cantidad de frutos cosechables haciendo más eficiente esta actividad. Con la espera de hasta 35 días entre pases de cosecha se obtienen condiciones favorables para la cosecha asistida de café, con impacto positivo en la eficiencia de la mano de obra y el costo de la recolección.

3.5 Análisis de la información

Esta investigación es de carácter empírico, con recolección de información en campo. Para cumplir con el objetivo general y específicos de esta investigación el proceso de análisis de información se definirá en tres momentos: análisis de indicadores de desempeño de los tres métodos de recolección, un análisis marginal para calcular las tasas marginales de retorno entre los métodos y un análisis económico para determinar la viabilidad económica de las tres técnicas estudiadas.

3.5.1 Indicadores de desempeño

El análisis de desempeño está sustentado esencialmente en cuatro indicadores: rendimiento, eficacia, calidad y pérdidas. En este caso el rendimiento estará dado por un formula simple de $Kg/h/Op$; donde Kg se refiere al número de kilogramos recolectados durante la jornada, h sería el número de horas laboradas y Op el número de operarios encargados de recolectar el café.

La eficacia se mide con base en los 60 árboles seleccionados al azar, explicado en la subsección de diseño experimental, contabilizando en kilogramos los frutos maduros dejados en el árbol después de la jornada de trabajo, solo es aceptable menos de cinco cerezas maduras según estudios de Cenicafe. FNC Cartilla recolección de café.

La calidad de la cosecha se mide realizando un análisis de la masa de café recolectada donde se tomó una muestra aleatoria en un recipiente de 600 ml (mediverdes) donde caben

aproximadamente 360 gramos de café cereza se seleccionan los frutos verdes, se cuentan y analizan según la tabla siguiente.

Por su parte, las pérdidas serán cuantificadas en kilogramos pesando los frutos dejados en el suelo de los 60 árboles seleccionados al azar.

3.5.2 Análisis marginal

El análisis marginal es una técnica para calcular y comparar los rendimientos marginales entre tecnologías o métodos, ranqueando estos de mayor a menor según sus costos y comparando sus rendimientos marginales para determinar cuál es la tecnología más adecuada para cada proceso productivo y testear tecnologías alternativas o nuevas (Perrin et al., 1988). El principio económico que sustenta este análisis es que es beneficioso para el productor invertir hasta que el rendimiento de cada unidad adicional invertida sea igual a su costo. Cuando se aplica a situaciones en las que los fabricantes se enfrentan a una variedad de alternativas tecnológicas, los fabricantes deben invertir en las tecnologías más caras, siempre y cuando la tasa marginal de retorno de pasar de una tecnología menos avanzada a otra más avanzada sea superior a quedarse con la tecnología que ya se tiene (Evans, 2015).

Hay varios pasos o etapas para llevar a cabo un análisis marginal.

1. Determinar los costos variables y totales para cada una de las tecnologías, en este caso los tres métodos de recolección que se quieren evaluar. El costo variable o costo total para cada método estará dado solo por los factores que cambiarán debido al uso de otro método, es por esto por lo que usualmente los costos fijos como la tierra e infraestructura no se incluyen en este tipo de ejercicios.
2. Presupuesto parcial. En este se calculan los rendimientos, los costos totales y los beneficios netos, para esto se hace necesario determinar para cada uno de los métodos el volumen de producción, el precio comercial de la unidad producida y el beneficio bruto. Para el caso del análisis marginal utilizamos el rendimiento ajustado, el cual es una fracción, usualmente del 90%, del rendimiento promedio que se obtiene bajo condiciones experimentales. Es con este que estimamos el beneficio bruto. Una vez estimado el beneficio bruto y los costos totales, se obtiene el beneficio neto.
3. Análisis de dominancia. En este se ranquean todas las tecnologías de menor a mayor según sus costos y beneficios netos. Cuando una tecnología tiene un costo mayor a la

anterior, pero su beneficio neto es menor se dice que es “dominada” y es excluida del análisis.

4. Análisis marginal. Este consiste en calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR) entre tecnologías, excluyendo las dominadas de la etapa anterior. El análisis se realiza organizando todas las tecnologías a evaluar de menor a mayor costo, para posteriormente calcular la TMR que será igual a la diferencia entre los beneficios netos entre las dos tecnologías consecutivas como porcentaje del costo adicional, es decir, la diferencia entre los costos, multiplicado por 100. El porcentaje obtenido es una indicación de lo que el productor ganaría al cambiar de una tecnología a otra.

3.5.3 Análisis económico

El análisis económico será un complemento del análisis marginal para determinar el desempeño de los tres métodos de recolección asistida evaluados en esta investigación. Este análisis se realiza a partir de la técnica de relación beneficio-costos, la cual permite formular y evaluar proyectos en términos monetarios con la finalidad de que los beneficios sean mayores a los costos. Si el resultado de la estimación es mayor a 1 se considera el método como rentable, si el resultado es igual a 1 se considera que el método no genera beneficio ni pérdida, por el contrario, si el resultado es menor a 1 significa que el método no es rentable por lo cual el cambio de tecnología debe ser rechazado.

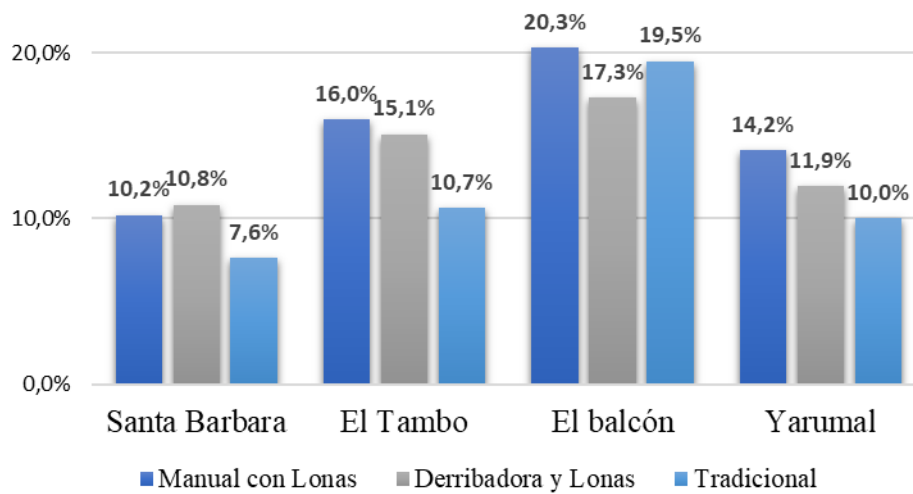
4. Resultados

4.1 Indicadores de desempeño

La figura 5 presenta el rendimiento que tuvieron los tres métodos en las cuatro fincas objeto de estudio. Observamos que el método manual con lonas obtiene el mayor rendimiento en el 75% de la muestra, seguido de cerca por la tecnología de la Derribadora DSC-18. Este indicador de rendimiento puede verse permeado por la diferente destreza en el manejo de la máquina entre los operarios de las diferentes fincas, proceso natural al darse una adopción de tecnología.

Figura 4

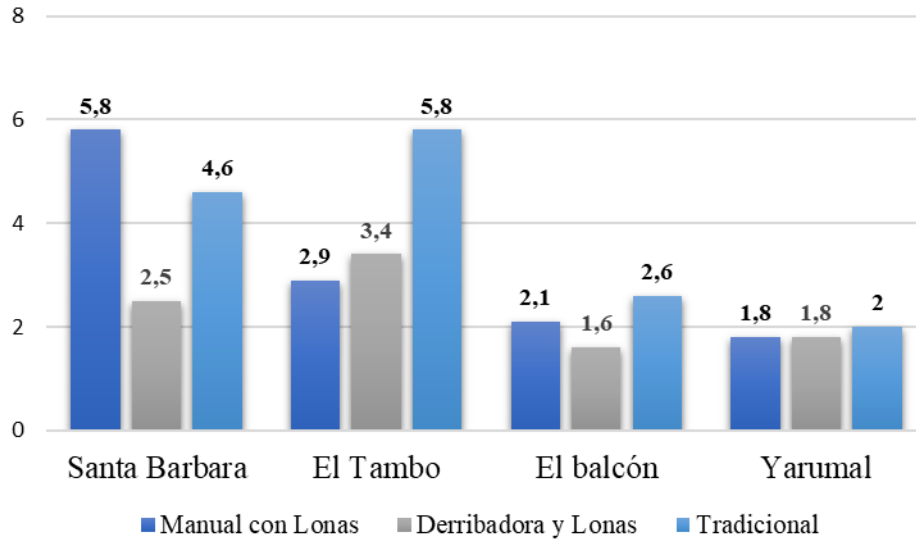
Rendimiento kg/hora/trabajador



Entendiendo la eficacia (figura 6) como el número promedio de frutos dejados en los 60 árboles escogidos al azar evaluados, vemos que el método de recolección asistida con “Derribadora y Lonas” obtiene mejores resultados en más del 50% de las fincas, desperdiciando en promedio 1,4 frutos menos que los otros métodos.

Figura 5

Eficacia (Frutos por árbol)



En términos de calidad del grano recolectado, en la figura 7 vemos que el promedio de los frutos verdes recolectados fue mayor en el método de recolección “Derribadora y Lonas”, aunque en los tres métodos fue aceptable el porcentaje, la mejor calidad la obtuvo el método “Manual con Lonas”. Por su parte, la figura 8 muestra el promedio de frutos dejados en el suelo del cafetal evaluado después del trabajo operativo. En este caso, el método de recolección “Tradicional” es el que más pérdidas de frutos genera para toda la muestra seguido del método “Manual con Lonas”.

Figura 6

Calidad (café verde %)

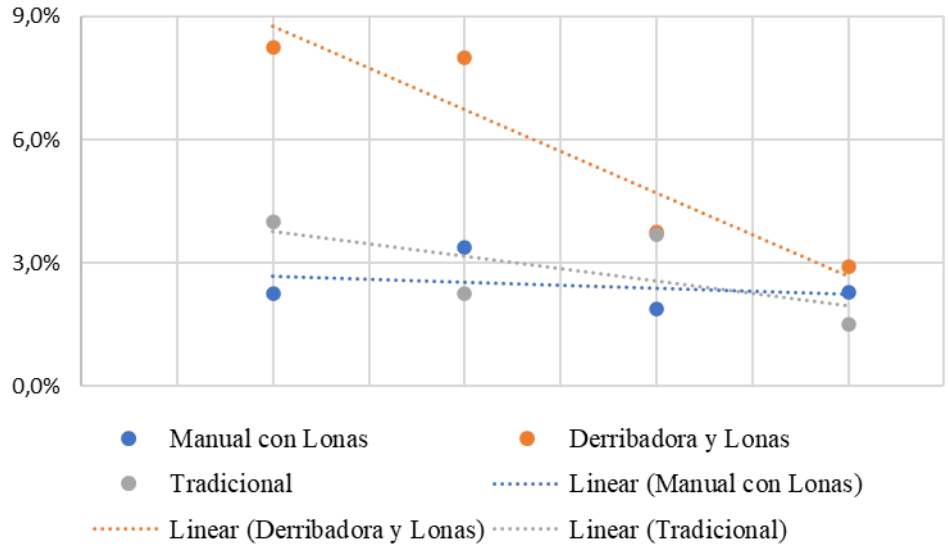
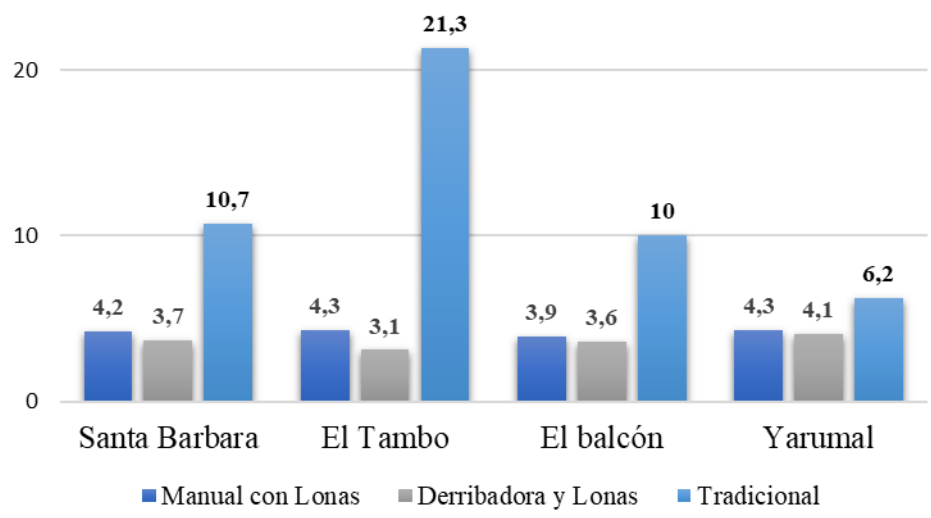


Figura 7
Pérdidas (g/árbol)



Podemos analizar que las cuatro fincas donde se desarrollo la actividad los métodos mas eficientes fueron lonas manual y lonas con DSC18, especialmente con la variable perdidas donde se alcanzaron disminuciones sustanciales con los métodos que incluyeron lonas, llegando a tener disminución de estas de 40% en promedio mientras que en el ejercicio evidenciado por Cenicafé en el avance técnico 487 demostro una disminución del 10% de las perdidas.

Con relación a la variable calidad del café no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los métodos manual y manual con lonas, mientras que el método de lonas con DSC18

demonstró que se aumenta la cantidad de frutos verdes en la cosecha en un 20%, esto debido al manejo de la DSC18 y la operatividad de la máquina, caso que fue igual en la actividad realizada por la FNC y la gobernación del Tolima evidenciado en la cartilla de aplicación de nuevas tecnologías para la recolección del café.

Con respecto a la eficacia de los tres métodos podemos observar que los métodos que involucran lonas logran dejar menos frutos en los arboles (figura 6), si comparamos con la actividad de la cartilla de aplicación de nuevas tecnologías podemos analizar que sus promedios de frutos en el árbol son mucho menores lo que concluye que se realizó un trabajo más detallado en el momento de la recolección del café con cada uno de los métodos, en promedio para la actividad de esta investigación con los métodos que utilizaron lonas se quedaron dos o más cerezas en los arboles y con el método manual solo una. Mientras que en la actividad realizada en Tolima con los métodos que involucraban lonas se quedaron menos de una cereza en promedio y una cereza en el método manual.

En la variable de rendimiento podemos analizar que los métodos con lonas siempre se obtuvo un mejor resultado aumentando el rendimiento en un 30% en promedio, en el avance técnico 487 Cenicafé demostró un aumento de rendimiento en promedio del 40%, hay una diferencia entre lo realizado por Cenicafé y el ejercicio en campo realizado en esta investigación. Esto comprueba la hipótesis de que las fincas controladas de Cenicafé pueden lograr mayores rendimientos con los métodos de recolección asistidos ya que se tienen las condiciones óptimas para el desarrollo de este mientras que en las fincas del común cafetero no se logra llegar a estos rendimientos, esto mismo se evidenció en las prácticas evaluativas que se llevaron a cabo en Cenicafe donde se encontraron rendimientos para lonas manual de 23/kg/operario/hora, mientras que en esta investigación en promedio se llegó a 15 kg/operario/hora.

4.2 Análisis marginal

La primera etapa del análisis marginal contempla la construcción de los costos en los que incurren las fincas para el proceso de recolección. En este caso los costos fijos como tierra, infraestructura, maquinaria y materiales no serán tomados en cuenta ya que este es un ejercicio de corto plazo en donde solo se deben tener en consideración los gastos que varían de implementar un método u otro, como la mano de obra, insumos, equipo y maquinaria.

Las tablas 1, 2, 3 y 4 presentan los costos variables (totales) para cada una de las fincas y según los tres tipos de métodos de recolección a evaluar. La estructura de costos está dada por 3 componentes:

1. **Mano de obra:** en general para todas las fincas y tratamientos el número de trabajadores no variara, sin embargo, el valor del jornal si varia para cada finca, ya que es un precio exógeno a la investigación.
2. **Insumos:** aquí tenemos cuatro tipos de insumos; las estopas, el combustible, las lonas y los cocos. En el caso de las estopas su valor y número de unidades no **varia** ni por tratamiento ni finca. Sin embargo, las lonas y los cocos si dependerá de cada tratamiento su contabilización.

Como hablamos de costos variables y no fijos, para el análisis no tomaremos el valor comercial de las lonas y los cocos sino su valor de depreciación contable a 5 años con un valor de desecho de cero y siguiendo el método de depreciación línea recta. Los valores de depreciación se trabajan como iguales para todas las fincas.

3. **Equipo:** dentro de esta categoría solo incluiremos el valor de depreciación de la Derribadora DSC-18 a 10 años con un valor de desecho de cero y siguiendo el método de depreciación línea recta. Además, se incluye el valor de mantenimiento del equipo.

Una vez estimados los costos variables totales para cada una de las fincas y tratamiento, estimamos el costo por área trabajada que es con el que se continuará el análisis.

Tabla 1. Costos Finca Santa Barbara

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Total
Manual con lonas				
<i>Mano de obra</i>				
Trabajadores	Jornal	2	\$ 38.000	\$ 76.000
<i>Insumos</i>				
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$ 2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$ 500	\$ 1.000
Total costos				\$ 87.000
Total costos por área				\$ 360
Derribadora y Lonas				
Capital humano				
Trabajadores	Jornal	2	\$ 38.000	\$ 76.000
Insumos				
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$ 2.500	\$ 10.000

Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Combustible	Galón	0,44	\$	8.327	\$ 3.664
Equipo					
Depreciación Maquina DSC-18	Unidades	1	\$	15.000	\$ 15.000
Mantenimiento mensual DSC-18	Unidades	1	\$	833	\$ 833
Total costos					\$ 106.497
Total costos por área					\$ 365
Tradicional					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	38.000	\$ 76.000
Insumos					
Cocos	Unidades	2	\$	250	\$ 500
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 77.500
Total costos por área					\$ 500

Tabla 2. Costos Finca El Tambo

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Total	
Manual con lonas					
<i>Mano de obra</i>					
Trabajadores	Jornal	2	\$	33.000	\$ 66.000
Insumos					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 77.000
Total costos por área					\$ 276
Derribadora y Lonas					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	33.000	\$ 66.000
Insumos					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Combustible	Galón	0,44	\$	8.327	\$ 3.664
Equipo					
Depreciación Maquina DSC-18	Unidades	1	\$	15.000	\$ 15.000
Mantenimiento mensual maquina	Unidades	1	\$	833	\$ 833

Total costos					\$ 96.497
Total costos por área					\$ 246
Tradicional					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	33.000	\$ 66.000
Insumos					
Cocos	Unidades	2	\$	250	\$ 500
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 67.500
Total costos por área					\$ 296

Tabla 3. Costos Finca El balcón

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Total	
Manual con lonas					
<i>Mano de obra</i>					
Trabajadores	Jornal	2	\$	42.000	\$ 84.000
<i>Insumos</i>					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 95.000
Total costos por área					\$ 375
Derribadora y Lonas					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	42.000	\$ 84.000
Insumos					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Combustible	Galón	0,44	\$	8.327	\$ 3.664
Equipo					
Depreciación Maquina DSC-18	Unidades	1	\$	15.000	\$ 15.000
Mantenimiento mensual maquina	Unidad	1	\$	833	\$ 833

Total costos					\$ 114.497
Total costos por área					\$ 369
Tradicional					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	42.000	\$ 84.000
Insumos					
Cocos	Unidades	2	\$	250	\$ 500
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 85.500
Total costos por área					\$ 400

Tabla 4. Costos Finca Yarumal

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Total	
Manual con lonas					
<i>Mano de obra</i>					
Trabajadores	Jornal	2	\$	38.000	\$ 76.000
<i>Insumos</i>					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 87.000
Total costos por área					\$ 107
Derribadora y Lonas					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	38.000	\$ 76.000
Insumos					
Depreciación Lonas	Unidades	4	\$	2.500	\$ 10.000
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Combustible	Galón	0,44	\$	8.327	\$ 3.664
Equipo					
Depreciación Maquina DSC-18	Unidades	1	\$	15.000	\$ 15.000
Mantenimiento mensual maquina	Unidad	1	\$	833	\$ 833
Total costos					\$ 106.497

Total costos por área					\$ 220
Tradicional					
Capital humano					
Trabajadores	Jornal	2	\$	38.000	\$ 76.000
Insumos					
Cocos	Unidades	2	\$	250	\$ 500
Estopas	Unidades	2	\$	500	\$ 1.000
Total costos					\$ 77.500
Total costos por área					\$ 135

La segunda etapa del análisis marginal está dada por la construcción de los presupuestos parciales para cada una de las fincas. El presupuesto parcial está compuesto por variables de rendimiento, costos y beneficios. La variable rendimiento está dada por la relación entre kg obtenidos en la recolección y el área en m² trabajada, sin embargo, dado que este es un experimento controlado se debe realizar un ajuste del 10% al rendimiento y así obtenemos la variable “Rendimiento ajustado”, con base en esta variable y multiplicándolo por el precio promedio del kg de café recolectado en \$13.212 pesos colombianos obtenemos el beneficio bruto de cada finca para cada uno de los tratamientos. Una vez se tiene el beneficio bruto, estimamos el beneficio neto que resulta de la diferencia entre el beneficio bruto y los costos variables por área, ver Tablas 5, 6, 7 y 8.

Tabla 5. Presupuesto parcial Finca Santa Barbara

	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Rendimiento kg/área	0,57	0,53	0,74
Rendimiento ajustado	0,51	0,47	0,66
Beneficio bruto	\$ 6731,57	\$ 6271,18	\$ 8745,49
Costos variables			
Mano de obra	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0
Insumos	\$ 11.000,0	\$ 30.497,2	\$ 1.500,0
Total costos variables	\$ 87.000,0	\$ 106.497,2	\$ 77.500,0
Total costos variables por área	\$ 359,5	\$ 364,7	\$ 500,0
Beneficios netos	\$ 6.372,1	\$ 5.906,5	\$ 8.245,5

Tabla 6. Presupuesto parcial Finca El Tambo

	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
--	-------------------------	----------------------------	--------------------

Rendimiento kg/área	0,63	0,39	0,57
Rendimiento ajustado	0,57	0,35	0,51
Beneficio bruto	\$ 7501,01	\$ 4659,50	\$ 6779,84
Costos variables			
Mano de obra	\$ 66.000,0	\$ 66.000,0	\$ 66.000,0
Insumos	\$ 11.000,0	\$ 30.497,2	\$ 1.500,0
Total costos variables	\$ 77.000,0	\$ 96.497,2	\$ 67.500,0
Total costos variables por área	\$ 276,0	\$ 245,5	\$ 296,1
Beneficios netos	\$ 7.225,0	\$ 4.414,0	\$ 6.483,8

Tabla 7. Presupuesto parcial Finca El balcón

	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Rendimiento kg/área	1,21	0,96	1,46
Rendimiento ajustado	1,08	0,86	1,31
Beneficio bruto	\$ 14334,76	\$ 11392,15	\$ 17336,12
Costos variables			
Mano de obra	\$ 84.000,0	\$ 84.000,0	\$ 84.000,0
Insumos	\$ 11.000,0	\$ 30.497,2	\$ 1.500,0
Total costos variables	\$ 95.000,0	\$ 114.497,2	\$ 85.500,0
Total costos variables por área	\$ 375,5	\$ 369,3	\$ 399,5
Beneficios netos	\$ 13.959,3	\$ 11.022,8	\$ 16.936,6

Tabla 8. Presupuesto parcial Finca Yarumal

	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Rendimiento kg/área	0,21	0,27	0,19
Rendimiento ajustado	0,18	0,24	0,17
Beneficio bruto	\$ 2439,51	\$ 3162,71	\$ 2203,54
Costos variables			
Mano de obra	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0
Insumos	\$ 11.000,0	\$ 30.497,2	\$ 1.500,0
Total costos variables	\$ 87.000,0	\$ 106.497,2	\$ 77.500,0

Total costos variables por área	\$	106,9	\$	219,6	\$	135,5
Beneficios netos	\$	2.332,6	\$	2.943,1	\$	2.068,1

Una vez conocemos los costos variables por área y el beneficio neto para cada uno de los tratamientos, se procede con la tercera etapa del análisis marginal: el análisis de dominancia.

La Tabla 9 presenta el análisis de dominancia para la Finca Santa Barbara, en donde se organizan los tres tratamientos de menor a mayor costo. Observamos que el método “Derribadora y Lonas” es dominado y por tanto debe ser excluido del análisis de la TMR. Cambiando del método “Manual con Lonas” al de “Derribadora y Lonas” el productor incurre en un costo adicional de \$5,22 por m² y tendría una pérdida en los beneficios netos de \$465,6.

Tabla 9. Análisis de dominancia Finca Santa Barbara

	Costo Variable		Beneficios netos	
Manual con Lonas	\$	359,50	\$	6.372,06
Derribadora y Lonas	\$	364,72	\$	5.906,46
Tradicional	\$	500,00	\$	8.245,49

El análisis de dominancia para la Finca El Tambo, arroja el método de recolección “Tradicional” como dominado y por tanto debe ser excluido del análisis de la TMR que sigue. Cambiando del método “Manual con Lonas” al “Tradicional” el productor incurre en un costo adicional de \$20,06 por m² y tendría una pérdida en los beneficios netos de \$741,23.

Tabla 10. Análisis de dominancia Finca El Tambo

	Costo Variable		Beneficios netos	
Derribadora y Lonas	\$	245,54	\$	4.413,96
Manual con Lonas	\$	275,99	\$	7.225,02
Tradicional	\$	296,05	\$	6.483,79

En el caso de la Finca El balcón ninguno de los métodos es dominado, por lo tanto, se incluyen todos los tratamientos en el análisis de la TMR.

Tabla 11. Análisis de dominancia Finca El balcón

	Costo Variable	Beneficios netos
Derribadora y Lonas	\$ 369,35	\$ 11.022,81
Manual con Lonas	\$ 375,49	\$ 13.959,26
Tradicional	\$ 399,53	\$ 16.936,59

La Tabla 12, muestra el análisis de dominancia para la Finca Yarumal. Observamos que el método de recolección “Tradicional” es dominado por los otros dos métodos. Usando este método el productor incurre en un costo adicional de \$28,61 por m² y tendría una pérdida en los beneficios netos de \$264,58.

Tabla 12. Análisis de dominancia Finca Yarumal

	Costo Variable	Beneficios netos
Manual con Lonas	\$ 106,88	\$ 2.332,63
Tradicional	\$ 135,49	\$ 2.068,05
Derribadora y Lonas	\$ 219,58	\$ 2.943,13

Posterior al análisis de dominancia, se realiza el análisis marginal para los métodos de recolección que no fueron dominados en cada finca. La Tabla 13, muestra que para la Finca Santa Barbara el productor puede esperar recibir, en promedio, al cambiar del método de Lonas al Tradicional una tasa de retorno de 1333%. Sin embargo, esto no implica que necesariamente esta tecnología debe ser recomendada ya que existen otros factores como la calidad, el rendimiento, la eficacia y la viabilidad económica que deben ser tomados en cuenta. Por su parte, la tasa de retorno del método Manual con Lonas nos indica que, por cada peso invertido, se recuperarán en promedio \$1,23 adicionales al método Tradicional.

Tabla 13. Análisis marginal Finca Santa Barbara

	Manual con Lonas	Tradicional
Costo variable	\$ 359,50	\$ 500
Cambio del costo	-	140,50
Beneficios netos	\$ 6372,06	\$ 8245,49
Cambio del beneficio	-	1873,43
Tasa de Retorno marginal (TMR)	-	13,33
Tasa de retorno	17,72	16,49

El análisis marginal de la Finca El Tambo, muestra que por cada peso invertido con el método “Manual con Lonas” el productor esperará recuperar en promedio \$26,18 pesos colombianos adicionales. Retomando los resultados obtenidos en las variables que hasta el momento se han analizado, rendimiento, eficacia y calidad, podemos decir que para el caso de la Finca El Tambo y sus condiciones es mejor opción el método de recolección “Manual con Lonas”.

Tabla 14. Análisis marginal Finca El Tambo

	Derribadora y Lonas	Manual con Lonas
Costo variable	\$ 245,54	\$ 275,99
Cambio del costo	-	30,45
Beneficios netos	\$ 4413,96	\$ 7225,02
Cambio del beneficio	-	2811,06
Tasa de Retorno marginal (TMR)	-	92,33
Tasa de retorno	17,98	26,18

Las tasas marginales de retorno calculadas en la Tabla 15 exhiben un desempeño económico mejor en los métodos de recolección manual, inclinado a favor del método de recolección “Tradicional”. Sin embargo, dado que el resultado en las variables anteriormente estudiadas ha variado no se puede determinar con certeza que este sea el método más adecuado para la Finca El Balcón.

Tabla 15. Análisis marginal Finca El balcón

	Derribadora y Lonas	Manual con Lonas	Tradicional
Costo variable	\$ 369,35	\$ 375,49	\$ 399,53
Cambio del costo	-	6,15	24,04
Beneficios netos	\$ 11022,81	\$ 13959,26	\$ 16936,59
Cambio del beneficio	-	2936,46	2977,32
Tasa de Retorno marginal	-	477,61	123,86
Tasa de retorno	29,84	37,18	42,39

En el caso de la Finca Yarumal, se presenta el método de recolección de “Derribadora y Lonas” como el método que genera mayor retorno respecto al método manual. Sin embargo, no es información suficiente para determinar que esta sea la mejor opción para el productor de esta finca.

Tabla 16. Análisis marginal Finca Yarumal

	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas
Costo variable	\$ 106,88	\$ 219,58
Cambio del costo	-	112,70
Beneficios netos	\$ 2332,63	\$ 2943,13
Cambio del beneficio	-	610,49
Tasa de Retorno marginal (TMR)	-	5,42
Tasa de retorno	21,82	13,40

El análisis marginal en las cuatro fincas estudio nos indica que al cambiar de una tecnología de bajo costo (manual con “coco”) a otra de mayor costo (lonas con DSC18) no es beneficioso ya que su inversión no se verá remunerada sustancialmente con la inversión, aunque en el contexto de la recolección en Colombia podría verse beneficiados ya que la mano de obra es escasa y costosa, con los métodos de recolección asistida podrá mejorar su rentabilidad al aumentar sus rendimientos si y solo si en épocas de mayor concentración de la cosecha.

4.3 Relación Beneficio-Costo

Para el análisis de la relación beneficio-costo, se tomó en cuenta el costo total en el que deben incurrir las fincas y el método de depreciación línea recta. Una vez se tienen los costos totales, los ingresos totales serán el resultado de multiplicar el número de kilogramos recolectados por el precio promedio de \$13.212 pesos colombianos el kilo de café.

En general para todas las fincas objeto de estudio, se encuentra que el método Tradicional presenta la mejor relación beneficio-costo por cada unidad invertida de capital en el proceso de recolección. Sin embargo, este ejercicio por **si** solo no es suficiente para determinar si las fincas deben o no cambiar su método de recolección al “Tradicional”.

Con este ejercicio el objetivo es evaluar si los tres métodos de recolección son viables económicamente, especialmente, el de “Derribadora y Lonas”. Como muestran las Tablas 17, 18, 19 y 20, el método de recolección que incorpora la Derribadora DSC-18 es viable económicamente, no obstante, esta viabilidad no implica que para la muestra total objeto de estudio cambiar sus métodos de recolección manuales actuales al asistencial con la derribadora sea lo ideal. De aquí que a lo largo del documento se realicen una serie de ejercicios indicadores de desempeño para cada uno de los tratamientos y con base en el resultado global dar recomendaciones del

método más adecuado según las características de las fincas, como es el caso de la Finca El Tambo donde el método Manual con Lonas para todos los ejercicios fue el método con mejores resultados.

Tabla 17. Relación Beneficio-Costo Finca Santa Barbara

	Costos totales		
	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Costos			
Lonas	\$ 120.000,0	\$ 50.000,0	
Estopas	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0
Combustible		\$ 3.664,00	
Maquina DSC-18		\$ 180.000,00	
Mantenimiento maquina		\$ 10.000,00	
Cocos			\$ 6.000,00
Mano de obra	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0
Total costos	\$ 197.000,0	\$ 320.664,0	\$ 83.000,00
	Ingresos totales		
Venta	\$ 362.008,8	\$ 406.929,60	\$ 301.233,60
	Relación B/C		
	1,84	1,27	3,63

Tabla 18. Relación Beneficio-Costo Finca El Tambo

	Costos totales		
	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Costos			
Lonas	\$ 120.000,0	\$ 50.000,0	
Estopas	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0
Combustible		\$ 3.664,00	
Maquina DSC-18		\$ 180.000,00	
Mantenimiento maquina		\$ 10.000,00	
Cocos			\$ 6.000,00
Mano de obra	\$ 66.000,0	\$ 66.000,0	\$ 66.000,0
Total costos	\$ 187.000,0	\$ 310.664,0	\$ 73.000,0
Venta	\$ 465.062,4	\$ 406.929,60	\$ 343.512,00
Relación B/C			
	2,49	1,31	4,71

Tabla 19. Relación Beneficio-Costo Finca El balcón

	Costos totales		
	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Costos			
Lonas	\$ 120.000,0	\$ 50.000,0	
Estopas	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0
Combustible		\$ 3.664,00	
Maquina DSC-18		\$ 180.000,00	
Mantenimiento maquina		\$ 10.000,00	
Cocos			\$ 6.000,00
Mano de obra	\$ 84.000,0	\$ 84.000,0	\$ 84.000,0
Total costos	\$ 205.000,0	\$ 328.664,0	\$ 91.000,0
Venta	\$ 805.932,0	\$ 681.739,20	\$ 824.428,80
Relación B/C			
	3,93	2,07	9,06

Tabla 20. Relación Beneficio-Costo Finca Yarumal

	Costos totales		
	Manual con Lonas	Derribadora y Lonas	Tradicional
Costos			
Lonas	\$ 120.000,0	\$ 50.000,0	
Estopas	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0	\$ 1.000,0
Combustible		\$ 3.664,00	
Maquina DSC-18		\$ 180.000,00	
Mantenimiento maquina		\$ 10.000,00	
Cocos			\$ 6.000,00
Mano de obra	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0	\$ 76.000,0
Total costos	\$ 197.000,0	\$ 320.664,0	\$ 83.000,00
Ingresos totales			
Venta	\$ 441.280,8	\$ 340.869,60	\$ 280.094,40
Relación B/C			
	2,24	1,06	3,37

Para la relación costo beneficio tanto el método tradicional como los métodos con lonas manual y lonas con DSC18, tienen una relación C/B muy positiva de ingreso para cada unidad invertida de capital lo que nos indica que con cualquiera de los métodos un caficultor puede llegar a ser rentable en su empresa cafetera, cada situación de finca es particular y no podríamos recomendar en general la utilización de uno u otro método, pero es evidente que la tecnología de lonas ya sea manual o con DSC18 mejora las condiciones tanto de los recolectores como de la finca para aumentar los rendimientos de la labor de la recolección y así mejorar la rentabilidad.

5. Conclusiones

La adopción de nuevas tecnologías por parte de los agricultores depende de múltiples factores independientemente de las bondades de la tecnología, las dos razones principales para la nula o lenta adopción de nuevas tecnologías están dadas por: barreras al acceso a crédito cuando la inversión necesaria para la adopción es alta y la carencia de competencias y conocimientos de los pequeños agricultores para la adopción de estas nuevas tecnologías (Feder G. et al, 1885). Dado este panorama, este trabajo de investigación realiza un análisis marginal y económico que facilite tomar la decisión de cambiar entre tecnologías por la más rentable y con mejores probabilidades de adopción, es decir, que los costos no sean tan altos como para que el acceso a crédito sea un limitante y así mismo el proceso de capacitación para usar la nueva tecnología sea accesible a los productores.

En este análisis, aunque el método de recolección asistida “Derribadora y Lonas” tuvo buen desempeño en variables como eficacia, rendimiento y viabilidad económica, no se puede afirmar que sea el método recomendado por excelencia para todas las fincas objeto de estudio. Ya que como vimos en la sección de resultados no siempre la tecnología que produce los más altos rendimientos, beneficios netos o retorno promedio es la más recomendable.

Uno de los aspectos que marca los rendimientos de esta nueva tecnología tiene que ver con las condiciones medio ambientales, cosecha asistida y en especial la DSC-18 requiere una serie de condiciones que no se tienen en gran parte de la zona caficultora colombiana, la concentración de cosecha no es posible dada la diversidad climática de la zona ecuatorial donde se encuentra Colombia es así que en algunas regiones como Antioquia se han registrado más de 27 floraciones al año, lo que dificulta tener un volumen de café maduro que justifique la utilización de la DSC-18 con altos rendimientos de recolección selectiva, las pendientes de los cafetales son otras de las condiciones que limitan este proceso, para lograr efectividad en la operación no podemos superar una inclinación del 70% lo cual disminuye las posibilidades de éxito en regiones con inclinaciones muy pronunciadas.

Por otra parte, el método de cosecha asistida también requiere una tecnificación alta de los cultivos, para lograr los rendimientos esperados, en sentido de variedad de semilla, distribución espacial de los árboles de café, edad entre otros. Además, podemos inferir que el manejo Agronómico y las buenas prácticas agrícolas influyen en la aplicación de la tecnología y su efectividad.

Todas estas situaciones nos han llevado a entender la baja adopción desde el análisis técnico ambiental, pero existe otro aspecto que marca la adopción en Colombia de esta tecnología y es el acompañamiento. La FNC tiene un equipo de extensionistas en campo con experiencia en transferencia de tecnologías lo cual ayuda a la adopción de esta, son más 1000 profesionales generando el acompañamiento requerido para lograr la adopción y establecimiento de cosecha asistida, lamentablemente la situación mundial vivida en el último año no ha permitido que este ejército de Agrónomos pueda estar en campo constantemente transfiriendo esta nueva tecnología y generando la adopción que se busca, para así lograr ser más eficientes en la recolección de café en Colombia.

Es posible corroborar, a través del análisis de esta investigación, la posibilidad de generación de nuevos agronegocios y creación de empresas de prestación de servicios para el sector cafetero

incentivando jóvenes a trabajar en sus fincas o empresas cafeteras y en la posibilidad de generar valor de una manera más tecnificada y por medio del conocimiento tanto Agronómico como técnico del método de cosecha asistida.

Referencias

- Cardona D., J. A. (2006). Diseño de una máquina portátil para la cosecha asistida de Café (Tesis de grado en Ingeniería Mecánica) Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda, Colombia. 147 p.
- Eskesen, A., R. Agrawal y N. Desai. 2014. Pequeñas y medianas empresas en oportunidades agrícolas. Recomendaciones Singapur: Estudio empírico de las TIC japonesas Industrias con tres países de la ASEAN. " Revista Interdisciplinaria de Investigación Contemporánea en Negocios 2013 (23): 138 - 156)
- Evans, E. A. (2015). Análisis marginal: Un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. Pub, IFAS. University of Florida Gainesville. , 1-6
- Freeman, C. (1987). Freeman, C. 1987. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Frances Pinter Publishers.
- Feder, G., Just, R.E. y Zilberman, D. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing-Countries-A Survey. Economic Development and Cultural Change, 33(2), 255-298.
- FNC Cartilla 19 recolección de café
- Genaro L. (2017). Ensayo sobre economía cafetera
- Genar L, Informe de Sostenibilidad 2015-2018, <https://www.flipsnack.com/federaciondefcafeteros/informe-de-sostenibilidad-2015-2018.html>
- Sanz J. & Hincapie J. (2020). Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café en el departamento del Tolima.
- Ramirez G., C.A.; Buenaventura A., J.D.; Oliveros T., C.E.; Sanz U., J.R. (2013). Equipo para la recolección manual de café-canguaro 2m experiencia de investigación. (avt0438).

- Siavosh S, (2017). Formulaciones generales de fertilizantes, Avance técnico 483.
- López J. (2019). La cosecha cafetera de este año aportara \$7 billones al PIB según productores.
Diario La Republica
- Leibovich G., J.; Yoshida M.; Bernal V., O.M.; Soto B., Y.J.; Cantor G., J.E.; Aguinaga A., M.;
(2017) Una caracterización del mercado laboral.
- Morin, E. (2007). La complejidad y la empresa. Introducción al Pensamiento Complejo.
Barcelona: Gedisa
- <https://federaciondefeferos.org/app/uploads/2019/12/Informe-del-Gerente-al-87-Congreso-Nacional-de-Cafeteros-2019.pdf>
- Velez, R (2018). Informe Del Gerente al congreso nacional de cafeteros. Presentado en Bogotá.
https://federaciondefeferos.org/app/uploads/2019/10/Informe_Gestion_2018_compressed-1.pdf
- Lundvall, B.-A. (1992). National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, London.
- OECD. (2000). Cities and Regions in the New Learning Economy. Paris: OECD Publications
- Robledo, J., & Ceballos, Y. (2008). Study of an innovation process using system dynamics.
Cuadernos de Administración, 21(35), 127-159.
- Lundvall, B.-A. (2007). National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tools. Industry and Innovation, 14(1), 95-119.
- Muñoz Ruiz, Carlos (2007). Comparación económica de dos sistemas de producción en plátano en Zona Norte de Costa Rica
- Nelson, R. R., & Rosenberg, N. (1993). Technical innovation and national systems. En O. (2001a), Devolution and Globalisation. Implications for local decision-makers. Paris: OECD.
- Jaramillo, D (2002). Introducción a la ciencia del suelo John Herbert Ainembabazi & Johnny Mugisha (2014) The Role of Farming Experience on the Adoption of Agricultural Technologies: Evidence from Smallholder Farmers in Uganda, The Journal of Development Studies
- Perrin, Richard, Anderson, J., winkelmann, Donald, & Moscardi, E. (1998). From Agronomic Data Farmer. *CIMMYT: Mexico, D.F.*
- Saenz J & Duque H, (2020). Boletín técnico 43. Cosecha con la derribadora selectiva de café
Brudden DSC18

- Saenz R, Duque H, Mejia C, Benavides P, Oliveros C, Medina R, (2018). Avance técnico 488. Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café
- Saenz R, Duque H, Menza H, Zamudio G, Oliveros C, Ramirez C, (2018). Avance técnico 487 Lonas para asistir la cosecha manual de café.
- Sáenz J & Hincapié J (2020). Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café en el departamento del Tolima.
- Samwel Macharia Chege & Daoping Wang (2019): The impact of technology transfer on agribusiness performance in Kenya, Technology Analysis & Strategic Management
- Sáenz J & Duque H (2020). Boletín técnico 43. Cosecha con la derribadora selectiva de café Brudden DSC-18
- Rademaker, CJ, BO Bebe, J. Van Der Lee, CW Kilelu y C. Tonui. 2016 .. Crecimiento sostenible del sector lácteo de Kenia: Una exploración rápida de robustez, fiabilidad y resistencia. Wageningen: Wageningen Livestock Research
- Robert G. Cooper, (1980) “Como las compañías están reinventando sus metodologías para llevar productos al mercado”
- Zea, R (2022). <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Proyectamos-que-la-producci%C3%B3n-de-caf%C3%A9-estar%C3%A1-en-13,2-millones-de-sacos-este-2022,-lo-que-representar%C3%A1-un-crecimiento-de-5-f.aspx>



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Liliana Mahecha Ledesma

Jefe departamento: Diego Piedrahita

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.