

# APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA





# APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

---

Juan Rodrigo Sanz Uribe

Julián David Hincapié Betancur



Como Citar:

Sanz-Uribe, J. R., & Hincapié Betancur, J. D. (2020). *Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha*

*asistida de café en el departamento del Tolima*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0006>

**Coordinación general del proyecto marco:**

Angélica Piedad Sandoval Aldana,

**Profesor Asistente Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima**

---

**Directivos Gobernación del Tolima**

Ricardo Orozco Valero

**Gobernador del Tolima**

Beatriz Valencia Gómez

**Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria del Tolima**

Juan Pablo García Poveda

**Secretario de Planeación y TIC**

Simón Harrison Bustos Torres

Juan Manuel Rojas Rojas

**Supervisores del convenio**

---

**Directivos Universidad del Tolima**

Omar A. Mejía Patiño

**Rector Universidad del Tolima**

Jonh Jairo Méndez Arteaga

**Director Oficina de Investigaciones – Universidad del Tolima**

**Federación Nacional de Cafeteros-Comité de Cafeteros del Tolima**

Gildardo Monroy Guerrero

**Director Ejecutivo Comité de Cafeteros del Tolima**

Wilson Fernando Espinosa Rodríguez

**Líder Departamental de Extensión Rural del Tolima**

Juan Rodrigo Sanz Uribe

**Líder Disciplina de Poscosecha Cenicafé- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia**

Julián David Hincapié Betancur

**Coordinador Programa Departamental de Investigación Participativa**

Angélica Osorio Santos

**Analista de Calidades Programa de Cafés Especiales**

María Victoria Herrera Polanía

**Coordinadora Programa de Comunicaciones y Medios**

---

**Diseño e Ilustraciones**

Diego Fernando Cogua Useche

**Impresión**

León Gráficas

**Comité Editorial**

Pablo Benavides. **Entomología, Cenicafé**

Carmenza Esther Góngora. **Entomología, Cenicafé**

José Ricardo Acuña Z. **Fisiología Vegetal, Cenicafé**

Diana María Molina V. **Mejoramiento Genético, Cenicafé**

Luis Fernando Salazar G. **Suelos, Cenicafé**

**Fotografías**

Archivo Comité Departamental de Cafeteros del Tolima

Archivo Cenicafé

Código ISBN: 978-958-8490-41-0

Derechos Reservados

Gobernación del Tolima

Universidad del Tolima

Federación Nacional de Cafeteros-Comité Departamental de Cafeteros del Tolima

2020

Pág

- 6 Prólogo
- 7 Presentación
- 10 Ocho Cadenas Productivas en el Tolima
- 13 Proyecto Aplicación De Nuevas Tecnologías Para La Cosecha Asistida De Café En el Departamento Del Tolima
- 16 Estructura de la Caficultura del Departamento del Tolima
- 17 Épocas de cosecha y distribución en la zona cafetera del Tolima
- 18 Procesos de producción, recolección y procesamiento del café de Tolima
- 20 Atributos sensoriales del café del Tolima
- 21 Cosecha Asistida de Café en Colombia
- 31 Concepto de Cosecha Asistida de Café
- 40 Retención de Pases en el departamento de Tolima
- 47 Cosecha con las Nuevas Tecnologías
- 51 Análisis de Calidad
- 56 Educación a Caficultores
- 57 Agradecimientos
- 58 Referencias Bibliográficas

## INVESTIGACIÓN, CREATIVIDAD Y ACCIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD DEL TOLIMA

Las políticas públicas que prevalecen en el tiempo deben ser la razón de los gobiernos, la construcción institucional y social de las grandes apuestas en una región, también deben ser dirigidas a potenciar las enormes ventajas comparativas que tiene el departamento, para volverlas competitivas. Es así, como la Gobernación del Tolima ha hecho la gran apuesta sobre ocho cadenas productivas presentadas en esta serie de documentos, que sin duda representan un gran salto en materia de productividad y competitividad hacia el mercado nacional e internacional.

Aunado a esta circunstancia y con el ambicioso plan del gobierno

El Tolima Nos Une, de construir el Centro de Investigación Tecnológica, quedaremos a la vanguardia en el país para ser el Departamento de mayor apuesta en Ciencia, Tecnología e Innovación para mejorar la competitividad y la calidad de vida de los ciudadanos.

En este documento podrán encontrar el esfuerzo económico y de recurso humano, que ha hecho la Gobernación del Tolima con sus grandes aliados, la academia, los productores y un sinnúmero de actores que dejaron lo mejor de sí, en este gran proceso de construcción social, creativa y armónica para la competitividad.

**JOSÉ RICARDO OROZCO VALERO**  
Gobernador Departamento del Tolima



## LA INVESTIGACIÓN AL SERVICIO DEL CAFICULTOR Y SU FAMILIA

Por 93 años, la Federación Nacional de Cafeteros, como organización gremial, a través de sus Comités Departamentales y Municipales, ha acompañado la actividad productiva de los caficultores de todo el país, y ha diseñado estrategias encaminadas al posicionamiento del Café de Colombia en el mundo entero.

El propósito de velar por el bienestar de los caficultores colombianos ha sido posible a través de los bienes públicos que la FNC ha puesto al servicio de los productores, tales como la Garantía de Compra, Publicidad y Promoción, el Servicio de Extensión Rural y la Investigación, la cual desarrolla a través del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Teniendo en cuenta la importancia fundamental que la investigación representa para el gremio y para actividad cafetera, la FNC, por medio del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima, encontró en el Proyecto Desarrollo de Ventajas Competitivas Mediante Actividades de I+D+i en Ocho Cadenas del Sector Agropecuario en el Departamento del

Tolima-Convenio 035, liderado por la Gobernación del Tolima y la Universidad del Tolima, con recursos de Ciencia y Tecnología del Sistema General de Regalías, una oportunidad privilegiada de aplicar, en suelo tolimense, las tecnologías de cosecha asistida de café, fruto de años de investigación de Cenicafé.

Uno de los aspectos de mayor relevancia que motivaron a orientar los esfuerzos hacia esta iniciativa, tiene que ver con el peso que la mano de obra de la recolección tiene en los costos de producción de café, equivalente a más del 40%, además de las dificultades que año tras año, se presentan para conseguir recolectores que respondan a la demanda de trabajadores que se requieren especialmente en las fincas de mayor hectareaje.

La adopción por parte de los caficultores de la retención de pases, el empleo de lonas y la manipulación de la derribadora Brud-den DSC-18, tres de los aspectos claves para la cosecha asistida de café, implica un reto de proporciones inmensas para quienes forman

parte de la institucionalidad cafetera y especialmente para el Servicio de Extensión, que a diario transfiera tecnología a los cultivadores y conoce las arraigadas prácticas culturales que existen entre las familias productoras.

Sin embargo, como el tercer productor nacional de café y con más de 61.000 caficultores dedicados a cosechar uno de los granos que en Colombia y alrededor del mundo es reconocido por su calidad excelsa, decidimos asumir el reto y hacer posible que 200 cafeteros formaran parte de esta investigación. A ellos, por su disposición y compromiso, muchas gracias.

Estamos convencidos de que esta experiencia resultará trascendental, no solo para los cafeteros del Tolima, sino de todo el país, pues las necesidades son comunes para más de 540.000 familias productoras, así como las posibilidades de acceder a estas tecnologías desarrolladas por el gremio cafetero.

Con la ejecución de proyectos como estos, el Departamento responde la responsabilidad que implica ocupar uno de los primeros lugares en la producción nacional y ser referente de la calidad de un café que, no sólo conquista concursos, sino que es preferido por baristas del mundo entero, para destacarse en sus campeonatos locales e internacionales.

Agradecemos la confianza de la Gobernación del Tolima, con la cual en oportunidades anteriores la FNC-Comité de Cafeteros ha protagonizado alianzas que han permitido mejorar la infraestructura y condiciones de vida de familias cafeteras a lo largo y ancho del Tolima cafetero. Esperamos que el presente documento, además de brindar los resultados de la investigación, haga posible que más personas conozcan a profundidad detalles de lo que representa la caficultura para el Tolima y por qué, se ratifica una premisa que desde el Comité de Cafeteros hemos venido planteando: el café, una apuesta positiva para el Tolima.

**GILDARDO MONROY GUERRERO**

**Director Ejecutivo del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima**







## OCHO CADENAS PRODUCTIVAS EN EL TOLIMA



El Gobierno Nacional, tratando de abordar y crear herramientas útiles para la toma de decisiones que permitan mejorar la competitividad del sector agroindustrial ha diseñado políticas públicas orientadas a este objetivo, como la Ley 811 de 2003 que creó las organizaciones de cadena por producto o grupos de productos en el sector agropecuario, forestal y pesquero, que establecen acuerdos relacionados con: mejora de la productividad y competitividad; desarrollo del mercado de bienes y factores de la cadena; desarrollo de alianzas estratégicas de diferente tipo; mejora de la información entre los agentes de la cadena; vinculación de los pequeños productores y empresarios a la cadena; manejo de recursos naturales y medio ambiente; formación

de recursos humanos e investigación y desarrollo tecnológico.

Es por ello que el Gobierno Departamental ha venido trabajando para complementar las políticas del orden nacional con documentos como la Visión Tolima 2025, donde se proponen macro proyectos como el de la agroindustria de alto valor agregado que cuentan con proyectos como el de la producción de café con características especiales y búsqueda de nuevos nichos del mercado a través de los cuales se busca que el Tolima sea el primer productor de café de alta calidad.

El Departamento, por lo tanto, accede a recursos del Fondo Nacional de Regalías para desarrollar procesos orientados a aumentar la equidad entre sus municipios, impulsar



el crecimiento de la región, disminuir la pobreza y aumentar la competitividad de sus sectores económicos por medio de proyectos de investigación aplicada y desarrollos tecnológicos que impulsen y promuevan la productividad y competitividad en el departamento del Tolima.

De esta manera, se celebra entre la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria y la Universidad del Tolima, el convenio 2077 del 8 de noviembre de 2017 denominado: Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima, buscando el desarrollo de estrategias, reducción de brechas tecnológicas y vinculación de todos los actores que integran el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

El objetivo del convenio establecido entre la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria y la Universidad del Tolima es fomentar el fortalecimiento de las capacidades en investigación aplicada, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología, a través de la financiación de diez proyectos I+D+i, para el cierre de brechas tecnológicas en 8 cadenas agropecuarias del departamento del Tolima.

Para cumplir el objetivo de este convenio, se buscó identificar proyectos que, en el corto plazo (máximo un año), permitieran cerrar brechas tecnológicas para las cadenas agropecuarias priorizadas; además, promover la articulación de grupos de investigación, gremios, empresarios y el Estado, con el fin de que continúen



con sus investigaciones y procesos en ciencia, tecnología e innovación, en alianza con otros actores, logrando mejorar la productividad y competitividad del sector agropecuario.

Los proyectos participantes en la convocatoria pertenecieron a alguna de las siguientes cadenas productivas de acuerdo al plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación para el sector agropecuario colombiano: algodón, cárnica – bovina, aguacate, cítricos, cacao, forestal (maderables – caucho), café y arroz.

Los proyectos correspondieron a las siguientes líneas temáticas que fueron concertadas e identificadas con los actores de las cadenas agropecuarias: manejo ambiental y sostenibilidad; manejo de cosecha, poscosecha y transformación; material de

siembra y mejoramiento genético; manejo sanitario y fitosanitario; transferencia de tecnología e innovación; fisiología vegetal y nutrición; manejo de suelos y aguas; alimentación y nutrición humana y animal; manejo del sistema productivo y sistemas de información, zonificación y georreferenciación.

De esta manera, la Federación Nacional de Cafeteros, a través del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) aplicó a la convocatoria departamental para cofinanciar el desarrollo de actividades de investigación, desarrollo e innovación en las cadenas productivas priorizadas en el Tolima, por medio de la aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café.

## PROYECTO APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA



El café ha sido uno de los productos más importantes en la historia del país y del departamento: de acuerdo con cifras del DANE para 2018, el Tolima participó en el PIB total nacional con un 2,1% mientras que en el sector de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca participó con el 5% y a nivel interno, este sector representa casi el 15% en la generación del PIB departamental aportando más de tres mil millones de pesos a la economía.

La caficultura del Tolima es desarrollada por más de 61.000 caficultores en 38 municipios de los 47 que conforman el total del departamento; constituyéndose en la principal fuente de ingresos para una gran cantidad de población en el sector rural y que, al ser una actividad intensiva en mano de obra, es la actividad agropecuaria que más empleos genera en el departamento. (Comité Departamental de Cafeteros del Tolima, 2020).

Teniendo en cuenta que la cosecha es la actividad más costosa de la producción de café, y, la mano de

obra para realizar esta labor escasea en algunas regiones (Oliveros et al., 2013; Oliveros y Sanz, 2011), ya que el costo de la labor de cosecha representa más del 40%, cualquier esfuerzo para reducir sus costos tiene gran incidencia sobre la rentabilidad de los caficultores colombianos.

De esta manera y con el fin de disminuir costos y reducir el uso de mano de obra en la cosecha de café en Colombia, la Federación Nacional de Cafeteros ha trabajado en dispositivos mecánicos que hagan más eficientemente esta labor. Es así como se promueve el uso de lonas para la cosecha manual de café y dispositivos motorizados portátiles que incrementan el rendimiento de los recolectores hasta niveles superiores a dos veces la capacidad de recolección manual.

Por lo tanto, con el objetivo de aplicar estas nuevas tecnologías en la recolección de café, que impactan en la mejora de la productividad, disminución de costos y aumento de la rentabilidad para las familias cafecultoras, la Federación Nacional de Cafeteros, a través del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) aplicó a la convocatoria depar-

tamental para cofinanciar el desarrollo de actividades de investigación, desarrollo e innovación en las cadenas productivas priorizadas en el Tolima, por medio de la aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café.

El proyecto tuvo como interés fundamental abordar el problema de los costos de recolección de café por medio de la evaluación del impacto de la utilización de nuevas tecnologías en la etapa de cosecha del café en el departamento.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se determinó identificar el tiempo máximo para extender los pases de cosecha en las diferentes regiones del departamento, evaluar el desempeño de las lonas para la cosecha manual de café, el desempeño de la derribadora selectiva de café, analizar la calidad física y sensorial de lo recolectado y socializar a los caficultores sobre estos métodos de recolección por medio de la realización de demostraciones de métodos, reuniones y días de campo.

La zona de estudio se determinó teniendo en cuenta aquellos municipios con mayor área cafetera de la región, y estuvo compuesta por

Chaparral, Dolores, Fresno, Ibagué, Líbano, Planadas, Rovira y San Antonio. Se incluye en Rovira algunas fincas del municipio de Valle de San Juan, porque hacen parte de la misma seccional del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima.

La metodología de trabajo consistió en seleccionar 200 fincas en los ocho municipios, cada finca debía tener lotes cafeteros sembrados con variedad Castillo®, sembrados en una edad entre 3 y 5 años y una densidad de árboles por hectárea mayor a 5.000.

En cada uno de los municipios se evaluaron dos lotes de café de diferentes edades para determinar la dinámica de maduración de los frutos y así determinar el tiempo máximo de retención de pases.

En cada una de las fincas seleccionadas se aplicaron los componentes de la Cosecha Asistida de Café: retención de pases de cosecha hasta 35 días, cosecha manual con lonas y cosecha con derribadora DSC18, de los cuales se informará más adelante.

Con la masa de café recolectada durante las pruebas de cosecha y procesada con las etapas del beneficio húmedo, se realizó el análisis físico y

el análisis sensorial. En la evaluación de las características físicas de calidad del café, se buscó establecer si el manejo agronómico, recolección, beneficio, secado y comercialización fueron desarrollados de manera adecuada o no, teniendo en cuenta la uniformidad en color, ausencia de olores extraños o de cualquier tipo de contaminación, contenido de humedad, determinación granulométrica para establecer el factor de rendimiento y por ende su precio final.

También se realizó una evaluación sensorial con la calificación de las muestras con el formato de la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCA). Con la evaluación sensorial de la calidad del café o prueba de taza se identificaron los defectos presentes en la bebida de café, se midió la intensidad de atributos como la acidez y el dulzor, el sabor, el aroma.

Después de desarrollar todas estas actividades se consolidó la información y se realizó un procesamiento y análisis de los datos para concluir sobre la efectividad de la cosecha asistida a través de lonas y la derribadora selectiva de café en la disminución de los costos de la actividad productiva cafetera.

## ESTRUCTURA DE LA CAFICULTURA DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA



**12,73%** de la participación en la producción nacional.  
**Tercer** productor del país.



**1,9 millones** de sacos de 60 kilogramos  
Producción 2019



**87.849 hectáreas** sembradas en variedades resistentes a la roya



**108.163 hectáreas** sembradas en café



**61.556** Caficultores



**70.377** fincas



**6,8 años** Edad promedio de los cafetales



**38** Municipios cafeteros



**5.108 árboles por hectárea** Densidad de siembra

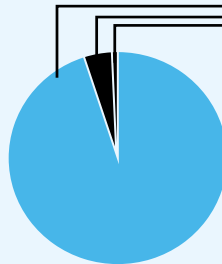


**21,8%** Número de sacos de café verde por hectárea

## Motor de la economía local



**78.418** Empleos directos  
**y 170.248** Empleos indirectos



**96,7%** Pequeños productores  
**2,9%** Medianos  
**0,4%** Grandes



**Planadas**  
Primer productor  
**13.982** hectáreas sembradas en café



**Ataco**  
Segundo productor  
**10.300** hectáreas sembradas en café



**Ibagué**  
Tercer productor más  
de **8.000** hectáreas sembradas en café

*Cifras SICA a tal fecha 31 de diciembre 2019.*



## ÉPOCAS DE COSECHA Y DISTRIBUCIÓN EN LA ZONA CAFETERA DE TOLIMA

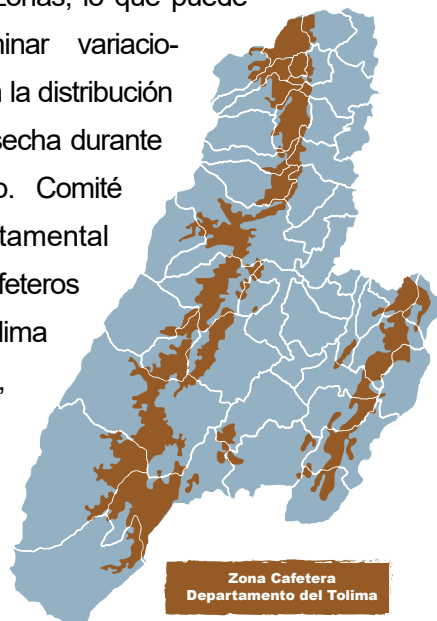
La época de floración de la región cafetera de Tolima permite la disponibilidad de café durante todo el año; lo anterior define dos zonas con diferentes épocas de cosecha: la primera equivalente al 75% de los municipios de la región cafetera (Alpujarra, Alvarado, Anzoátegui, Ataco, Cajamarca, Chaparral, Coyaima, Cunday, Dolores, Ibagué, Icononzo, Mariquita, Melgar, Natagaima, Ortega, Planadas, Prado, Purificación, Rioblanco, Roncesvalles, Rovira, San Antonio, San Luis, Valle de San Juan, Suárez, Venadillo y Villarrica) que tiene su cosecha principal entre marzo y junio, y una mitaca, entre octubre y noviembre.

La segunda zona comprende el 25% de los municipios de la región cafetera de Tolima (Armero, Casabianca, Falan, Fresno, Herveo, Lérida, Libano, Murillo, Palocabildo, Santa Isabel y Villahermosa) y tiene su cosecha principal entre los meses de septiembre y diciembre, así como una mitaca entre abril y mayo.

Es importante mencionar que, dada su situación geográfica, y en particular su latitud y patrón de lluvias, los eventos de floración que conducen a la formación de frutos y a la cosecha tienen un patrón cercano al 50%. Es decir, que

las cosechas tanto del primer como del segundo semestre del año en la región cafetera de Tolima tienden a ser balanceadas, lo cual origina una mejor simetría en la relación fuente: vertedero (Hojas: Frutos), lo que se traduce en densidad homogénea del grano que posiblemente pueda tener alguna relación con precursores responsables del perfil característico de este origen.

De la misma forma, vale la pena resaltar que, de acuerdo con los patrones históricos que se presentan en el Tolima, por condiciones de variabilidad climática, las floraciones entre años pueden cambiar de uno a otro municipio cafetero del Departamento e incluso entre zonas, lo que puede determinar variaciones en la distribución de cosecha durante el año. Comité Departamental de Cafeteros del Tolima (2017),



## PROCESOS DE PRODUCCIÓN, RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DEL CAFÉ DE TOLIMA

Al igual que en el resto del Café de Colombia, el proceso de extracción, producción y procesamiento del Café del Tolima tiene las siguientes etapas:

### Recolección selectiva del grano

De manera similar al de otras regiones de la zona cafetera colombiana, la madurez de los frutos en la zona cafetera del Tolima alcanza su plenitud alrededor de  $220 \pm 10$  días después de que ocurre la floración (Rendón y Montoya 2015).

Esta selección manual y selectiva de los frutos maduros de café, resulta de vital importancia, pues influye en la preservación de las características del producto en etapas posteriores, y se presenta con un particular esmero, dados los procesos culturales asociados con la recolección. Al hilo de lo anterior, el café del Tolima se cosecha y recoge de manera selectiva, con el objeto de escoger los frutos que se encuentren en estado adecuado de maduración.

Las actividades que desarrolla el cafetero en el procesamiento del grano de café en la zona cafetera del Tolima se

encuentran caracterizadas por presentar tiempos entre la recolección y el beneficio que oscila entre tres y ocho horas en el 79,62% de las fincas (Villegas et al., 2015).

### Proceso del beneficio del café por la vía húmeda

**Despulpado del café:** En esta etapa se separa la cáscara del fruto, también conocida como pulpa, de los granos del café, usando para ello máquinas despulpadoras. El café del Tolima se despulpa usualmente el mismo día de la recolección.

**Clasificación del Café Despulpado en Zaranda:** Por medio de una zaranda se limpia el café despulpado para que vaya a las siguientes etapas, ya sea fermentación natural o desmucilaginado mecánico, en mejores condiciones. Es importante que no haya impurezas como restos de pulpa o granos sin despulpar o parcialmente despulpados en el tanque de fermentación

**Remoción del mucílago (fermentación):** Consiste en desprender la porción del mesocarpio, denominada mucílago, utilizando procedimientos

fermentativos naturales. Durante la fermentación natural actúan bacterias, levaduras y enzimas que transforman los compuestos pécticos y azúcares constituyentes del mucílago de café, en alcoholes y ácidos orgánicos, los cuales son luego retirados en el lavado. La separación del mucílago por fermentación en el Tolima se hace dejando los granos despulpados en tanques o recipientes con agua, usualmente durante 14 a 18 horas, dependiendo de las condiciones de altura y temperatura (Villegas et al., 2015). No obstante, el argumento del tiempo de fermentación está rebatido por Peñuela et al. (2012), en el cual muestra la efectividad del método Fermaestro® para determinar con exactitud el momento en el cual el café alcanza el “punto de lavado”<sup>1</sup>.

**Lavado del café:** En esta etapa se remueve el mucílago del café ya sea manualmente o con el uso de máquinas. Hay dos tipos de máquinas que se usan para esta etapa, el sistema Becolsub en el cual el café recién despulpado pasa por una máquina en la cual por esfuerzos mecánicos se remueve el mucílago en pocos segundos (Roa et al. 1999), y el sistema Ecomill® que se usa para lavar mecánicamente el café que ha

pasado por el proceso de fermentación natural o por el proceso de degradación con enzimas pectinolíticas (Oliveros et al., 2013; Sanz et al., 2013).

**Secado:** El secado de café en el Tolima, al igual que en Colombia, se realiza aprovechando la radiación solar o por medios mecánicos. Las normas vigentes para la comercialización del café pergamino seco en Colombia establecen un contenido de humedad del 10% al 12% (norma de calidad No. V7 de mayo de 1993). Luego de este proceso se obtiene el café pergamino seco.

**Almacenamiento del café pergamino:** Para mantener la calidad y la humedad, el café pergamino seco se debe almacenar en la finca en sitios ventilados sobre estibas, y aparte de lugares o superficies que le puedan aumentar la humedad.



<sup>1</sup> Momento en el cual el mucílago que recubre los granos de café alcanza una degradación igual o superior al 95%, y puede ser removido fácilmente con agua limpia.

## ATRIBUTOS SENSORIALES DEL CAFÉ DEL TOLIMA

De acuerdo con el Comité Departamental de Cafeteros del Tolima (2017), en atención a los factores naturales (clima y topografía) propios de cada región del país, un café puede tener un mayor rango de acidez que otro. Por esta razón desde 1969, la Federación Nacional de Cafeteros se ha dedicado a identificar las características sensoriales del café. Igualmente, desde 1991 los laboratorios de calidad de café de Almacafé, se han encargado de controlar y verificar que el Café de Colombia cumpla con la calidad para la exportación, incluyendo las mencionadas características sensoriales. Posteriormente, con la creación de la Fundación Cafecert, se han consolidado los procedimientos para asegurar la imparcialidad en

los procedimientos de certificación de producto.

Para tal fin, se ha utilizado un método de análisis sensorial denominado Análisis Cuantitativo Descriptivo que permite ilustrar las características sensoriales del Café de Colombia, así como algunas diferencias sensoriales de los cafés provenientes de la Zona Cafetera Colombiana; por lo tanto, al aplicar este método de análisis sensorial, se puede concluir que el café del Tolima se caracteriza por ser un café con:

**“Taza con acidez y cuerpo medio - alto, limpia, suave, con balance y sabores diversos en el espectro de los dulces, combinados con sensaciones cítricas y frutales”.**



## COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ EN COLOMBIA

La cosecha de café en Colombia tradicionalmente se ha realizado de forma manual, es decir, trabajadores contratados por los caficultores desprenden, uno a uno, los frutos maduros de los árboles y los depositan temporalmente en un recipiente que cuelgan en la cintura. Sin embargo, esta meticulosidad hace que la labor sea lenta y costosa, ya que representa más del 40% de los costos de producción.

El rendimiento de un recolector depende de factores inherentes a él, como la técnica que utiliza y su motivación, y de factores relacionados con la plantación como la oferta de frutos maduros a recolectar, la edad de las plantas, la pendiente del terreno, el clima, entre otros (Oliveros y Sanz, 2001; Vélez et al., 1999). En Colombia, los caficultores pagan a los recolectores principalmente por la cantidad de café recolectado, aunque en épocas de poco flujo, pagan al día. Esta fracción de café recolectada al día tiene mayor costo unitario (\$/kg).

Las condiciones de la caficultura colombiana hacen que el uso de

implementos, máquinas portátiles o cosechadoras mecánicas sea muy difícil. El aspecto que mayor influencia tiene en esta limitación es que la cosecha de café es distribuida homogéneamente durante el año: normalmente se tiene una cosecha mayor en un semestre y una cosecha menor en el otro semestre, y es frecuente encontrar regiones en las cuales se presentan numerosas floraciones repartidas en el año.

Aparte de la gran distribución de la cosecha hay otros aspectos como la pendiente de los terrenos, la fragilidad de los suelos, la alta densidad de siembra, la coincidencia de la cosecha con la temporada lluviosa, entre otros, que también crean una barrera para el uso de implementos, máquinas portátiles o cosechadoras de café, sin mencionar aspectos sociales como el apego a las costumbres de los caficultores y de los recolectores. Por estas razones, el único cambio significativo que se había dado en la recolección en más de 200 años de caficultura en Colombia, fue el cambio de recipientes hechos de bejuco a recipientes plásticos.

Las investigaciones en cosecha de café iniciaron oficialmente en Cenicafé en el año de 1997 con la finalidad principal de reducir los costos de esta labor (Oliveros y Sanz, 2011). Para tal fin se propuso el plan general de investigación en cosecha de café que aparece en la Figura 1, el cual está dividido en cinco líneas de trabajo. La primera línea de trabajo consiste en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los órganos que conforman el árbol, incluyendo principalmente los frutos, con el fin de encontrar principios físicos en los que se pueda obtener la selectividad deseada. La segunda lí-

nea de investigación se refiere al desarrollo de implementos manuales, lo mismo que de metodologías, para hacer más eficiente la recolección de café. La cosecha semi-mecanizada está enmarcada en el uso de herramientas motorizadas y portátiles para hacer la labor de desprendimiento de frutos. La cosecha mecanizada se refiere al uso de máquinas de gran envergadura, autopropulsadas o con fuente remota de potencia, para el desprendimiento masivo de frutos. Y la cosecha robotizada se refiere al uso de automatización avanzada para la cosecha selectiva de café.



## Plan General de Investigación en Cosecha de Café

Propiedades físicas y mecánicas	Estudio de propiedades físicas del árbol y sus órganos para encontrar principios a utilizar en cosecha selectiva.
Cosecha manual y manual asistida	Desarrollo de técnicas e implementos para mejorar el rendimiento de los recolectores.
Cosecha semi-mecanizada	Desarrollo y evaluación de máquinas motorizadas portátiles para mejorar la eficiencia de los recolectores.
Cosecha mecanizada	Desarrollo y evaluación de vehículos autopropulsados o halados para cosecha masiva de café.
Cosecha Robotizada	Desarrollo de máquinas con automatización avanzada para realizar la cosecha selectiva de café.

Figura 1. Líneas de estudio en el plan general de investigación en cosecha de café de Cenicafé.



## Propiedades Físicas y Mecánicas

En esta línea de investigación, en la que se estudian las propiedades mecánicas y físicas del árbol de café y sus diferentes órganos (Aristizabal et al., 2003; Álvarez et al., 1999; Ciro et al., 1998a; Ciro et al., 1998b; Ciro et al., 1998c), la cual es transversal a todas las demás, se han tenido encuentros que han demostrado la dificultad de aumentar el rendimiento de los recolectores y de hacer la cosecha de manera selectiva.

Por ejemplo, cuando se quiere utilizar vibración para desprender los frutos por resonancia mecánica, es importante tener una relación entre la fuerza de desprendimiento y el peso del fruto muy baja ( $R < 100,0$ ), no obstante, para frutos maduros esta relación es 450, mientras que para los frutos verdes es de 900 (Álvarez et al., 1999). Adicionalmente, si se quiere tener selectividad, es importante que la relación para frutos verdes dividida sobre la relación para frutos maduros sea mayor que 4,0. Estas dos premisas para cosechar por vibración no se cumplen en café.

No obstante, un trabajo realizado en Cenicafé (Cardona, 2006), demostró que los frutos de café cuando son sometidos a esfuerzos repetidos no se caen

por resonancia mecánica sino por fatiga, es decir, que la estructura del pedúnculo acumula ciclos hasta que colapsa. Este trabajo sirvió de base para que en el año 2016 se unieran la empresa Brudden de Brasil y Cenicafé para hacer un desarrollo de una máquina que utilizara el principio del colapso del pedúnculo por fatiga. La dificultad del proyecto consistía en que se debía trabajar a muy altas frecuencias ( $f > 200$  Hz), lo que se convertía en un gran desafío mecánico. Así las cosas, en el año de 2018 se lanzó la Derribadora Selectiva de Café, Brudden DSC18 (Portafolio, 2018), la cual aplica los principios mencionados para cosechar el café. Esta máquina basa su selectividad en que los frutos maduros necesitan mucho menos ciclos para colapsar por fatiga que los frutos verdes.

## Cosecha Manual

Uno de los primeros estudios que se realizó con el objetivo de mejorar el rendimiento de los recolectores consistió en estudiar los tiempos y movimientos de los recolectores (Vélez et al., 1999). De ese estudio se concluyó que los movimientos eran en su mayoría desordenados y que había muchos movimientos susceptibles de ser simplificados. Como resultado de este estudio se estableció un método de recolección que plantea un movimiento



ordenado en las plantaciones y en los árboles, lo mismo que evitar y simplificar movimientos (Vélez y Montoya, 2003). Básicamente lo que se hizo fue aumentar el área de recepción del coco con la instalación de una pantalla, de tal manera que los recolectores solamente tuvieran que desprender los frutos maduros y dejarlos caer sobre el coco directamente o sobre la pantalla.

Basados en el conocimiento generado en el estudio de tiempos y movimientos, llegaron desarrollos de implementos y herramientas manuales para el desprendimiento y recepción más ágil de frutos. Implementos con aros flexibles debajo de las manos y mangas para conducir los frutos desprendidos hasta el recipiente (Oliveros et al., 2013; López et al., 2008a; López et al., 2008b), recipientes de diferentes materiales cargados en diferentes partes del cuerpo como la espalda y la cintura, dispositivos manuales para desprender los frutos más fácilmente (Londoño et al., 2002; Oliveros et al., 2005a) y mallas en muchas configuraciones para recibir los frutos desprendidos (Sanz et al., 2018b; Oliveros et al., 2006; Álvarez et al., 2004). También se trabajaron implementos manuales para desprender los frutos rápidamente (Oliveros et al., 2005b).

No obstante, de todos ellos, las que

más ventajas presentan son las Lonas, las cuales son mallas al 70% de sombreadamiento, de 3,0 m x 12,5 m, tejidas en 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 (Sanz et al., 2018b; Oliveros et al., 2006). El cierre Velcro® es para cerrar las lonas y lograr un cubrimiento total debajo de los árboles. Cuando se hace recolección manual de café con las Lonas, el área de recepción de los frutos es muy grande, por lo que los recolectores solamente tienen que desprender los frutos maduros y dejarlos caer libremente para que sean recibidas por las lonas, lo que se traduce en un incremento del rendimiento.

Las lonas han demostrado ser un sistema conveniente para la recolección manual del café, no solamente porque aumenta el rendimiento de los recolectores, sino porque trae otras ventajas importantes para los caficultores, dado que ayudan a optimizar los requerimientos de mano de obra, reducen la necesidad de infraestructura de alojamiento y alimentación en la finca, contribuyen con el control de la broca del café y disminuyen considerablemente las pérdidas (Sanz et al., 2018b).

## Cosecha Semi-Mecanizada

Los principios físicos que más se han usado para la cosecha de café en Colombia son las vibraciones para hacer fallar el pedúnculo del fruto por resonancia mecánica (Araque et al., 2005; Oliveros et al., 2005b; Aristizábal et al., 2003), impactos sobre los frutos y vibro-impactos sobre los frutos y ramas (Ramírez et al., 2006; Álvarez et al., 2006; Cardona, 2006; Álvarez et al., 2004; Oliveros et al., 2004). Para tal fin se han tenido desarrollos propios de máquinas y se han evaluado tecnologías comerciales para la cosecha de productos agrícolas similares al café, como olivas, cerezas, arándanos, entre otros (Granja et al., 2003), y tecnologías comerciales para la cosecha de café en Brasil (Díaz et al., 2009).

De los desarrollos propios han estado orientados principalmente a pequeñas máquinas para tener en la mano, con golpeadores de diferentes estilos, y con diversas fuentes motrices (Cardona, 2006; Ramírez et al., 2006; Álvarez et al., 2004; Londoño et al., 2002): motores de combustión interna, motores

neumáticos y motores eléctricos. Éstos últimos han mostrado grandes ventajas en tiempos recientes porque ha habido grandes avances en motores y baterías para aplicaciones agrícolas.

Con los equipos de cosecha para otros productos agrícolas o para café no ha habido equipos que sobresalgan. La mayoría presentan aumentos interesantes en el rendimiento de los operarios, pero fracasan en selectividad y eficacia, en otras palabras, la masa cosechada tiene un contenido de frutos verdes inaceptable y quedan muchos frutos maduros sin recolectar en los árboles.

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

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.

La máquina desarrollada, referenciada Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18, consiste de tres partes principales (Figura 2): Sistema motriz, transmisión remota de potencia y cabeza de cosecha.

El sistema motriz es un motor de combustión interna de dos tiempos, muy similar a los que se usan en otras herramientas agrícolas como la guadañadora, 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. 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.

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 al

tallo principal. Desde una posición puede cosechar varias cruces de ramas. Cuando se hace el toque, las vibraciones empiezan a propagarse por la rama (Ciro et al. 1998a; Giro et al., 1998c), 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. Afortunadamente, las variedades que se siembran en Colombia tienen como característica particular que están conformadas por ramas primarias. Esta condición limita el uso de la máquina en plantaciones donde se practican podas, como la poda calavera, el

despunte y la zoca pulmón, descritas por Rendón (2016), ya que la producción en estas plantas se da en ramas secundarias y terciarias.

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.

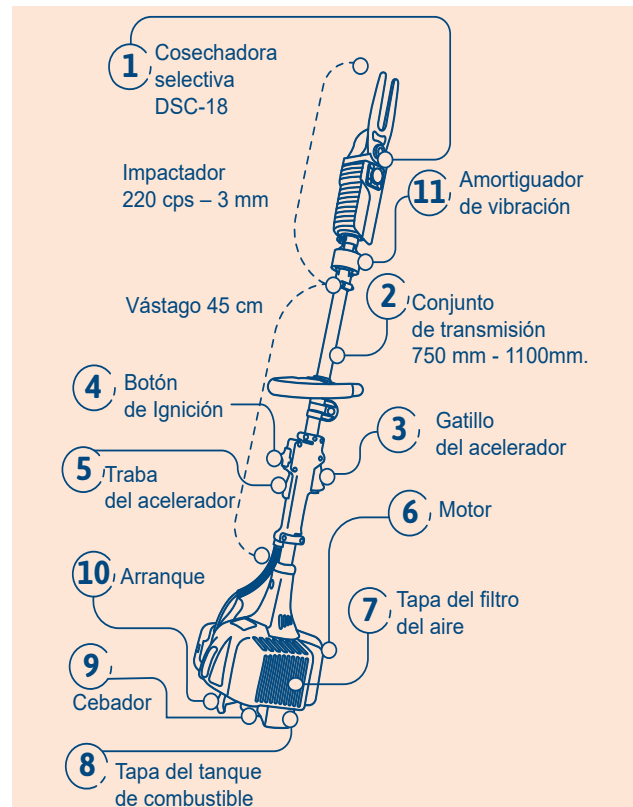


Figura 2. Partes de la máquina derribadora DSC-18

## Cosecha Mecanizada

Varias máquinas se han construido en Cenicafé para realizar la cosecha de manera masiva. Hay varias versiones: máquinas autopropulsadas (Álvarez et al., 2013; Sanz-Uribe, 2008), máquinas haladas con fuente de potencia remota. En estos trabajos se resalta el gran esfuerzo para hacer que estas máquinas se ac-

moden a las difíciles condiciones de las plantaciones de café en Colombia: reducción de peso y envergadura, simplicidad de las estructuras (resistentes y livianas), simplicidad de los mecanismos, acondicionamiento de la estructura para trabajar en altas pendientes, trabajo sobre suelos húmedos, entre otros.

## Cosecha Robotizada

Se han hecho trabajos relacionados con ubicación espacial de frutos maduros de café en las ramas, a nivel de laboratorio, y con ella se han desarrollado máquinas con un alto contenido de automatización avanzada, especialmente con técnicas de visión artificial y algoritmos muy

elaborados para el control de algunas funciones. Hasta el momento no se ha logrado superar la velocidad de recolección del ser humano, pero se espera en el futuro cercano, con los acelerados avances de los sistemas electrónicos, lograr la superación de esta base.



## Proyección de la Cosecha

Rendón y Montoya (2015), desarrollaron una metodología para llevar los registros de floración de manera que se pudieran usar para hacer una proyección del número de pases de cosecha en el año y la magnitud de los mismos. La metodología se basó en la cuantificación de la floración en una muestra

de árboles del lote y la proyección usando como base el tiempo que toma el desarrollo del fruto desde la floración, hasta ser un fruto maduro, como se observa en la Figura 3, lo cual toma entre 214 y 266 días, dependiendo de la región. Para Líbano (Tolima), por ejemplo, toma en promedio 225 días.

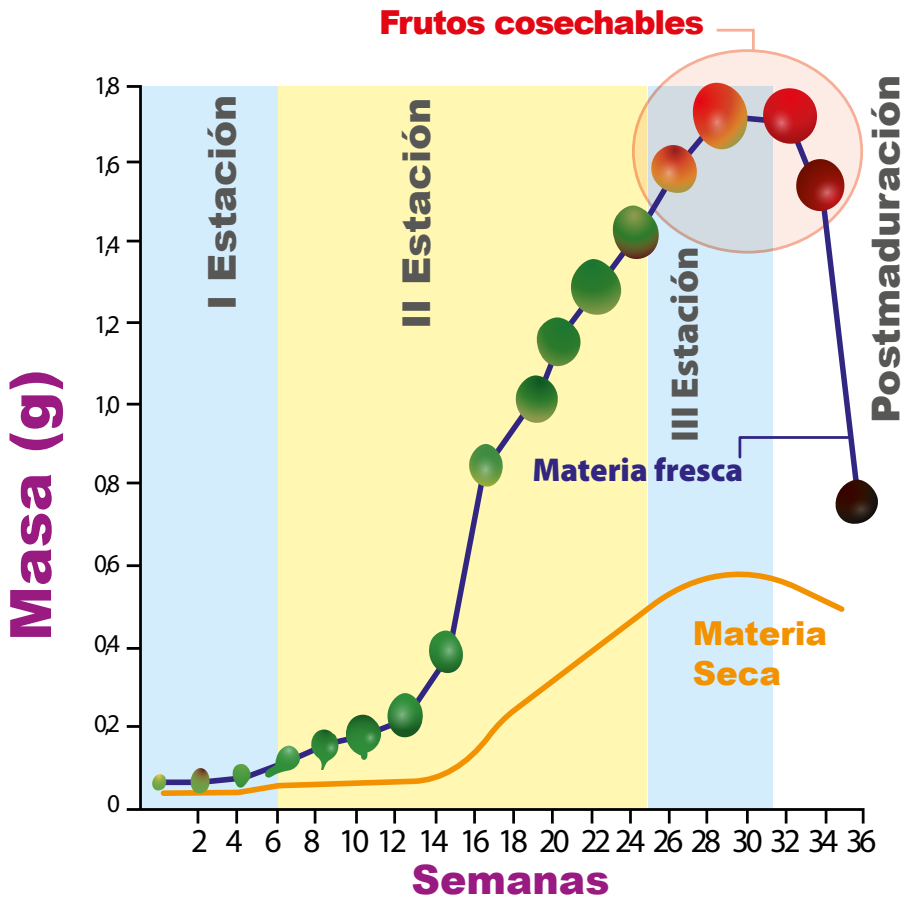


Figura 3. Desarrollo del fruto de café.

## CONCEPTO DE COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ

La Cosecha Asistida de Café es un concepto que maneja la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros en el cual 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 a los recolectores. Así, los recolectores salen también beneficiados.

La Figura 4 muestra los componentes de la Cosecha Asistida de café, los cuales son Retención de Pases de Cosecha, Cosecha Manual con Lonas y Cosecha con Derribadora DSC18. Sin embargo, para los caficultores es bueno tener el criterio de cuándo usar cada uno de estos componentes.

### COSECHA ASISTIDA DE CAFÉ

#### Retención de pases de Cosecha

Utilizar en la mayor cantidad de pases posible

#### Cosecha Manual de Café con Lonas

Utilizar en compañía de la retención de pases, una vez se empiece a pagar por cantidad de café recolectada

#### Cosecha de Café con Lonas y Derribadora DSC18

Utilizar solamente en los mayores pases de cosecha en compañía de la retención de pases y las lonas

Figura 4. Componentes de la Cosecha Asistida de Café.

Cuando la cosecha está iniciando, los caficultores envían recolectores a los lotes para que recojan los pocos frutos maduros que hay en los árboles, para evitar una potencial infestación por broca. En esos momentos de bajo flujo de cosecha no se recomienda utilizar las prácticas que hacen parte del concepto de Cosecha Asistida de Café, por lo cual se debe hacer de la manera tradicional con coco.

Sin embargo, cuando empiece a haber mayor cantidad de frutos maduros en los árboles, y se pase a pagar la recolección al destajo, es decir, por kilogramo de café recolectado, es momento de empezar a hacer retención de pases y de usar las Lonas, teniendo en cuenta que la infestación por broca debe ser menor del 2,0% al momento de iniciar la retención.

Cuando la estimación de los pases de cosecha con base en los registros de floración indique que va a tener lugar el pase de mayor proporción de la cosecha, se debe considerar iniciar

la retención del pase para realizar la cosecha con la derribadora DSC18. La derribadora es solamente para los pases de cosecha con mayor flujo de café, uno o dos al año.

## Retención de Pases de Cosecha

La retención de pases de cosecha consiste en prolongar el tiempo entre un pase de cosecha y el siguiente, hasta un total de 35 días, con el fin de tener mayor disponibilidad de frutos maduros de café en los árboles. En cosecha, los caficultores normalmente contratan trabajadores para que pasen recolectando por los lotes de la finca cada 17 días en promedio. No obstante, estudios realizados por Sanz et al. (2018a) han demostrado que, con las variedades resistentes a la roya del café desarrolladas en Cenicafe, es posible retener más tiempo los frutos maduros en los árboles, lo que permite ampliar el tiempo entre pases de cosecha y garantizar mayor disponibilidad de frutos maduros para la recolección.

Sin embargo, existe una restricción importante para hacer el uso de esta técnica, y es que, si al inicio de la retención la infestación por broca es mayor o igual a 2,0%, se aumentan las probabilidades de tener una mayor infesta-

ción al final de los 30-35 días. Por esta razón, se recomienda suspender la retención si esta condición no se cumple.

Para hacer retención de pases de cosecha es muy importante llevar juiciosamente los registros de floración, para estimar con buena aproximación cuándo van a tener lugar los pases de cosecha más importantes (Rendón et al., 2008) y para hacer una correcta planeación de la cosecha y las necesidades de mano de obra.

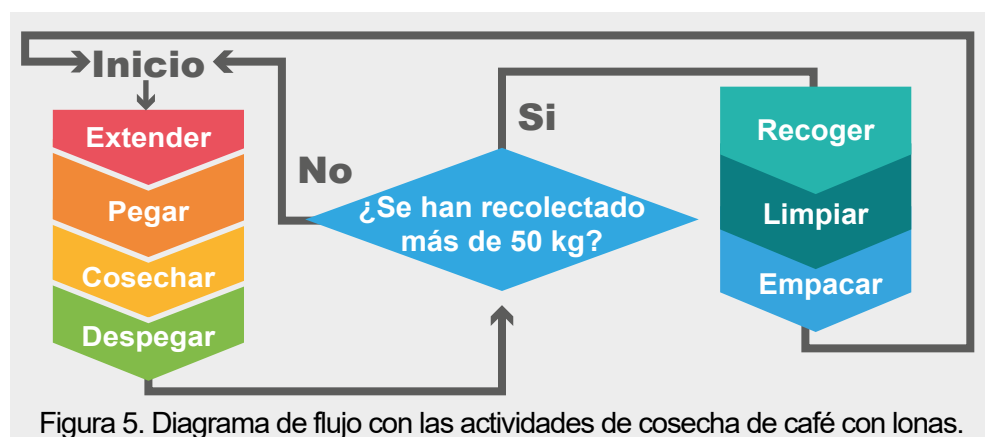
Existe una preocupación frecuente de los caficultores por el potencial efecto sobre la calidad del café que resulta de los frutos de café que han seguido la retención de más de 30 días. Marín et al. (2003) demostraron que masas de café con contenidos superiores de frutos sobremaduros tienen problemas de calidad en taza. El presente trabajo dio la oportunidad de probar nuevamente que no hay efecto sobre la calidad física y en taza, como se verá más adelante en los resultados.



## Cosecha de Café con Lonas

En la cosecha de café con lonas se realizan diferentes actividades, las cuales deben ser ordenadas y ejecutadas en el menor tiempo posible para que tengan efecto positivo favorable sobre el rendimiento de los operarios. En la Figura 4 se muestra un diagrama de flujo con las actividades

que se llevan a cabo durante la cosecha de café con lonas, una vez se ha llegado al lote y al surco donde inicia la labor. La descripción que aquí se hace es en la modalidad más sencilla, es decir de dos operarios con dos lonas. Esta situación variaría cuando se realice trabajo en grupos mayores.



**Extender:** El primer paso consiste en extender las lonas (Figura 6) 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.



Figura 6. Operarios extendiendo las lonas en los surcos.

**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 (Figura 7). 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.



Figura 7. Operarios pegando las lonas debajo de los árboles.

**Cosechar:** Los recolectores solamente desprenden los frutos maduros, teniendo cuidado de no empuñar frutos en la palma de la mano

(Figura 8). Para esto se recomienda también hacerlo en orden de arriba hacia abajo en el árbol y de adentro hacia fuera.



Figura 8. Trabajadores desprendiendo frutos de café y dejándolos caer sobre las lonas.

**Despegar:** Sucesivamente se despegan 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.

**Cuando la masa de café en las lonas es de 50 kg o más se procede a las siguientes actividades:**

**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 (Figura 10); esto hace que los frutos rueden por la diferencia de altura.



Figura 9. Operarios despegando las lonas.



Figura 10. Operario recogiendo los frutos en un extremo de la lona.

**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 (Figura 11). 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. La Figura 12 muestra dos operarios empacando el café recolectado en la estopa.

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 11. Limpieza de hojas.



Figura 12. Empaque del café en la estopa después de remover impurezas.

## Cosecha de Café con la Derribadora DSC18

En el diagrama de flujo de la Figura 5 se muestran todas las actividades que se realizan durante la

cosecha de café con la derribadora DSC18 y en la Tabla 1 se define las actividades.

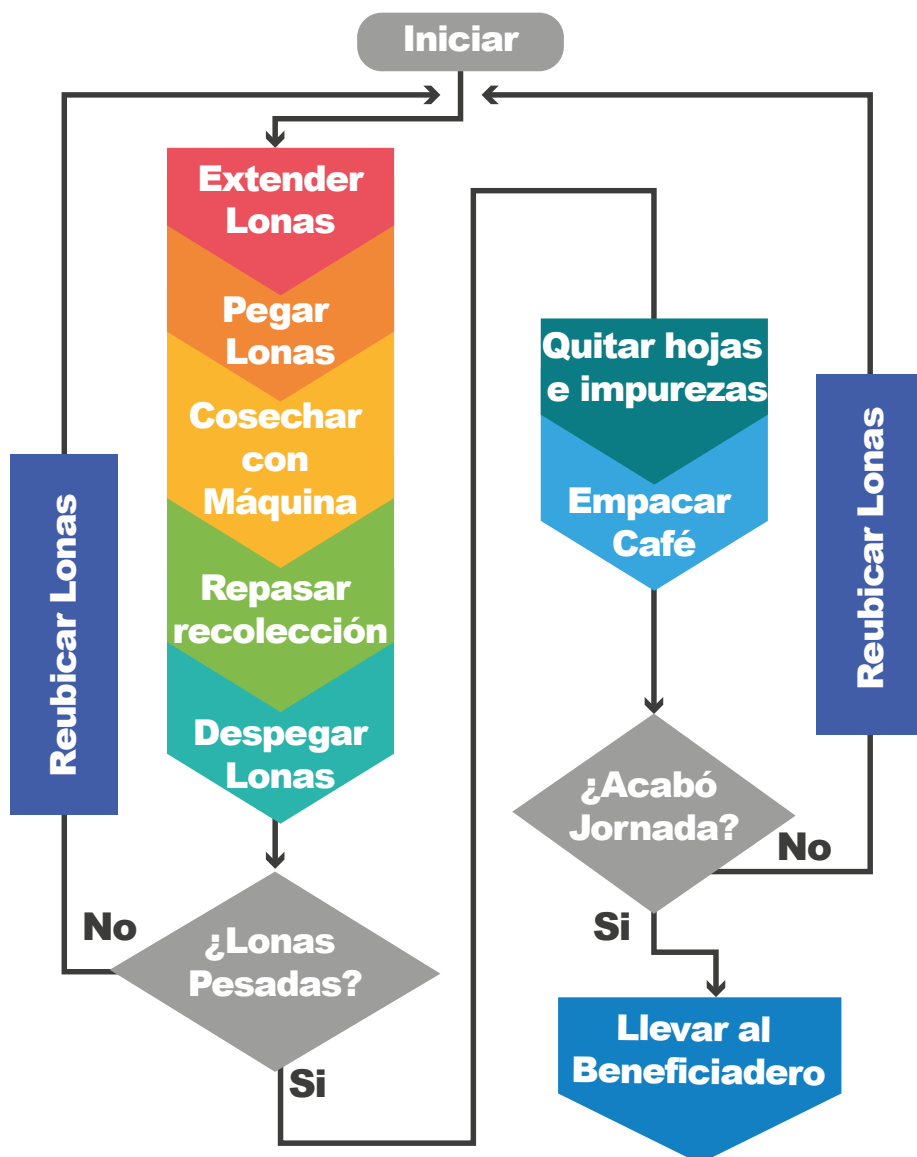


Figura 13. Diagrama de flujo de la cosecha de café con derribadora DSC18.

**Alistar:** Consiste en tener listos los implementos y equipos para realizar la cosecha de café con la derribadora (Figura 14). 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 (Figura 6).

**Pegar las Lonas:** Consiste en cerrar el Velcro® de la manera descrita en la cosecha de café con lonas (Figura 7).

**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



Figura 14. Implementos y equipos para cosecha de café.

movimiento. El toque en cada rama puede ser de arriba hacia abajo o al contrario. La Figura 15 muestra a un operario con la máquina derribadora en el campo.

**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 (Figura 9).

**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 con lonas (Figura 11). 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 (Figura 16).

El diagrama de flujo de la Figura 13 tiene dos condicionales, el primero está relacionado con el peso del café que hay en las lonas y el segundo condicional está relacionado con conocer si la jornada ha terminado.



Figura 15. Cosecha de café con la derribadora DSC18.



Figura 16. Acopio de café recolectado con la derribadora DSC18.

## RETENCIÓN DE PASES EN EL DEPARTAMENTO DE TOLIMA

Para determinar la factibilidad de la retención de pases en el departamento del Tolima se realizó un estudio de la dinámica de la maduración de los frutos de café en ocho municipios, ubicados de norte a sur en el departamento y de oriente a occidente. En la Figura 17 se pueden observar los municipios, de los cuales, Fresno, Líbano, Ibagué, Valle de San Juan, San Antonio, Chaparral y Planadas se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera central y Dolores en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, lo cual permite dar una visión general de la caficultura del departamento.

El estudio se llevó a cabo en la segunda cosecha del año 2019. En cada municipio se seleccionaron dos fincas y en cada una se escogió un lote con edad entre cuatro y cinco años. Al lote se le realizó la cosecha y posteriormente se seleccionaron al azar ocho árboles, dentro de los cuales se marcaron cuatro ramas del tercio productivo, para proceder a realizar la toma de datos.

La toma de datos consistió en entrar a los lotes, buscar los árboles de estudio e ir a las ramas marcadas,

para contar los frutos en las ramas de acuerdo a su estado de madurez: verde, pintón, maduro, sobremaduro y seco. Los frutos verde-pintones se consideraron como frutos inmaduros. El número de frutos caídos se obtuvo al hacer la diferencia entre el conteo total de frutos inicial y el conteo total de frutos en la toma de datos. Las proporciones de frutos en los diferentes estados se calcularon en número con respecto al conteo total inicial de frutos en las ramas.

El conteo inicial se llevó a cabo el mismo día en que se hizo la cosecha y se marcaron los árboles y las ramas de estudio. Posteriormente se volvió a los lotes con una frecuencia que varió entre tres y siete días hasta completar entre 35 o 36 días de espera después del inicio de retención. Con los datos obtenidos se calcularon las proporciones de frutos verdes, pintones, maduros, sobremaduros, secos y caídos, para cada tiempo. Normalmente los frutos que se caen son los sobremaduros o algunos secos.

Los datos fueron analizados a través de un promedio aritmético de las proporciones de frutos en todas las ramas analizadas en cada finca, con



los cuales se realizó una gráfica de áreas en las que la abscisa representa el tiempo. Para determinar el tiempo más conveniente para cada región se estableció como criterio de aceptación económico que la suma de los promedios de las pérdidas, es decir de los frutos secos y caídos, fuera menor del 1,0%. Adicionalmente, se hizo una comparación entre la carga que se tiene a los 17 días, cuando los caficultores acostumbraban realizar la recolección, en comparación de la carga de frutos cosechables que se tiene a los 35 días.

En las Figuras del 18 al 25 se muestran los diferentes resultados para cada uno de los municipios. En San Antonio el criterio de aceptación fue superado en ambas fincas cuando se llegó hasta los 35 días, aunque las pérdidas nunca superaron el 2,0%. En los municipios de Ibagué, Valle de San Juan, Planadas y Dolores, el criterio fue superado en una finca cuando se llegó hasta 35 días. En Fresno, Líbano y Chaparral se cumplió con el criterio de aceptación en ambas fincas cuando los frutos fueron dejados hasta 35 días.

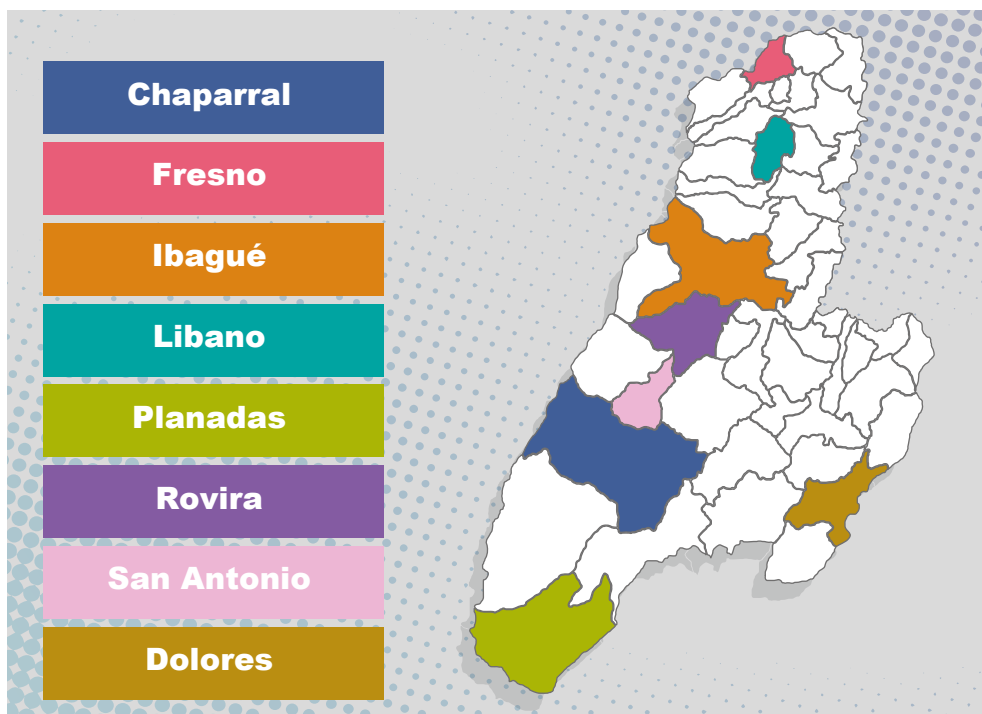


Figura 17. Municipios del departamento del Tolima en los cuales se llevó a cabo el estudio.

## FRESNO

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	9,30%	13,30%	8,88%	14,62%
Maduros	4,56%	38,01%	6,15%	38,66%
Sobremaduros	0,12%	4,49%	0,41%	2,32%
Secos	0,06%	0,75%	0,00%	0,00%
<b>Cosechables</b>	<b>14,04%</b>	<b>56,55%</b>	<b>15,44%</b>	<b>55,60%</b>
Caídos	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%

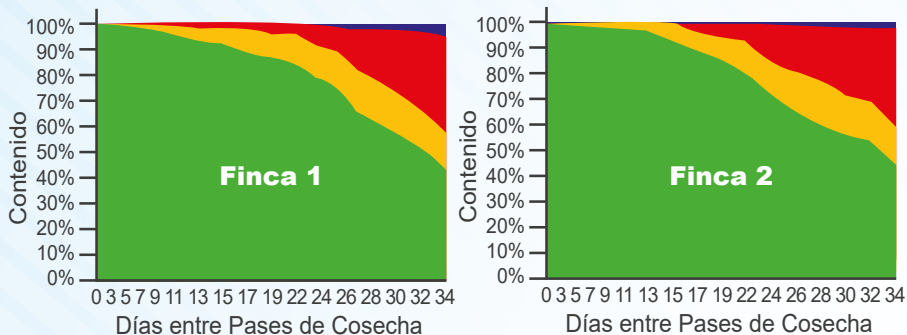


Figura 18. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Fresno.

## LÍBANO

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	7,71%	13,59%	8,25%	14,05%
Maduros	8,69%	36,73%	8,84%	36,68%
Sobremaduros	0,07%	3,79%	0,05%	2,93%
Secos	0,13%	0,26%	0,00%	0,33%
<b>Cosechables</b>	<b>16,60%</b>	<b>54,37%</b>	<b>17,14%</b>	<b>53,99%</b>
Caídos	0,00%	0,26%	0,00%	0,22%

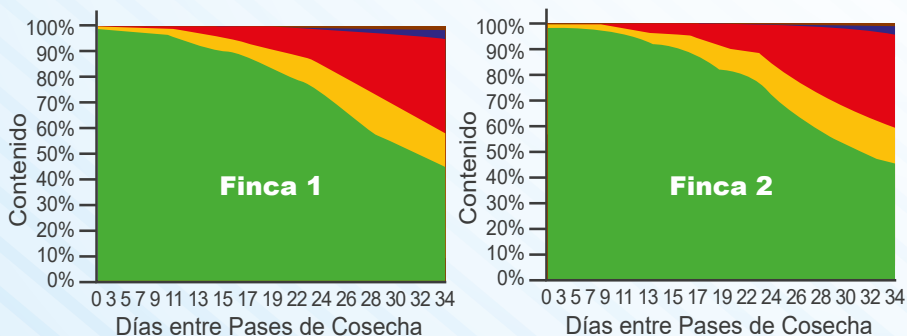


Figura 19. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Líbano

## IBAGUÉ

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	9,49%	13,26%	9,90%	13,30%
Maduros	9,43%	39,22%	9,50%	41,87%
Sobremaduros	0,97%	5,43%	0,00%	3,34%
Secos	0,34%	1,09%	0,00%	0,07%
<b>Cosechables</b>	<b>20,23%</b>	<b>59,00%</b>	<b>19,40%</b>	<b>58,58%</b>
Caídos	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

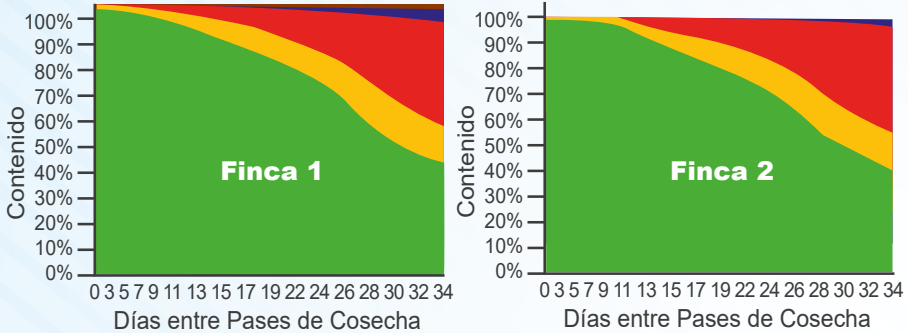


Figura 20. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Ibagué

## ROVIRA

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	9,29%	12,03%	9,08%	12,66%
Maduros	8,26%	39,00%	9,22%	37,29%
Sobremaduros	0,13%	6,96%	0,42%	8,38%
Secos	0,18%	0,00%	0,14%	0,42%
<b>Cosechables</b>	<b>17,86%</b>	<b>57,99%</b>	<b>18,86%</b>	<b>58,75%</b>
Caídos	0,00%	0,36%	0,70%	1,26%

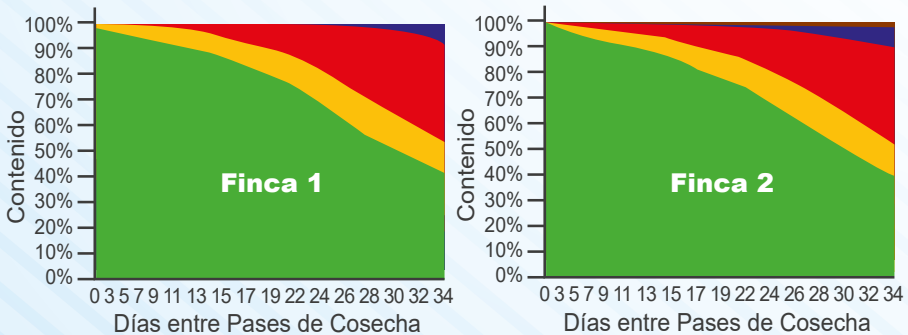


Figura 21. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Rovira

## SAN ANTONIO

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	10,70%	14,24%	10,63%	13,61%
Maduros	3,72%	41,07%	2,87%	39,78%
Sobremaduros	0,28%	1,41%	0,00%	2,81%
Secos	0,00%	0,05%	0,06%	0,00%
<b>Cosechables</b>	<b>14,70%</b>	<b>56,77%</b>	<b>13,56%</b>	<b>56,20%</b>
Caídos	0,00%	1,13%	0,00%	1,82%

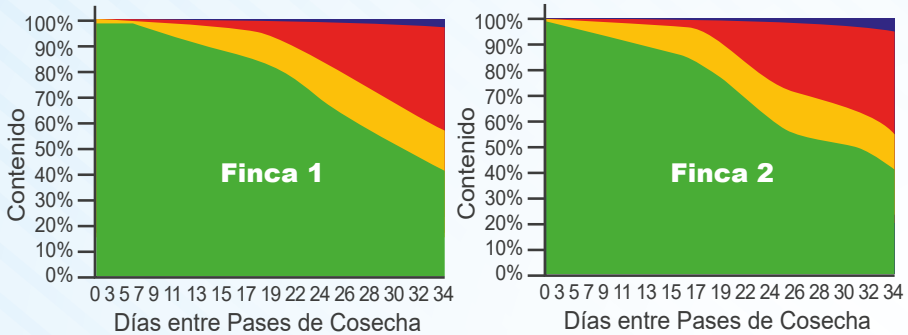


Figura 22. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de San Antonio.

## CHAPARRAL

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	9,12%	12,41%	9,12%	12,66%
Maduros	7,23%	39,91%	7,33%	43,67%
Sobremaduros	0,37%	5,18%	0,30%	1,35%
Secos	0,33%	0,25%	0,60%	0,35%
<b>Cosechables</b>	<b>17,05%</b>	<b>57,75%</b>	<b>17,35%</b>	<b>58,03%</b>
Caídos	0,00%	0,25%	0,00%	0,25%

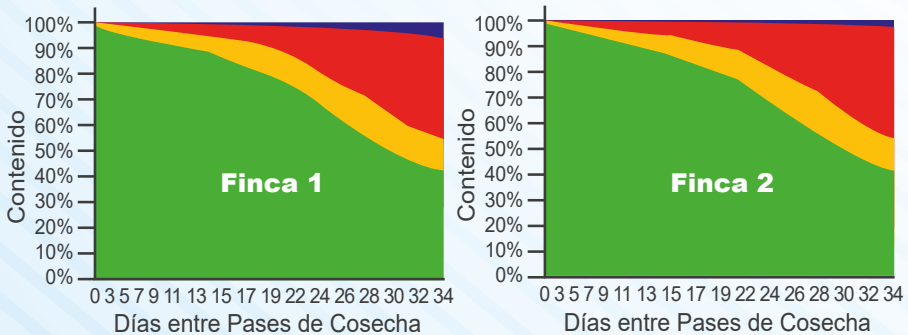


Figura 23. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Chaparral.

## PLANADAS

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	8,04%	12,50%	8,15%	12,61%
Maduros	7,97%	29,91%	7,37%	32,45%
Sobremaduros	0,20%	14,45%	1,14%	12,35%
Secos	0,30%	1,01%	0,12%	0,97%
<b>Cosechables</b>	<b>16,51%</b>	<b>57,87%</b>	<b>16,78%</b>	<b>58,38%</b>
Caídos	0,07%	0,07%	0,00%	0,00%

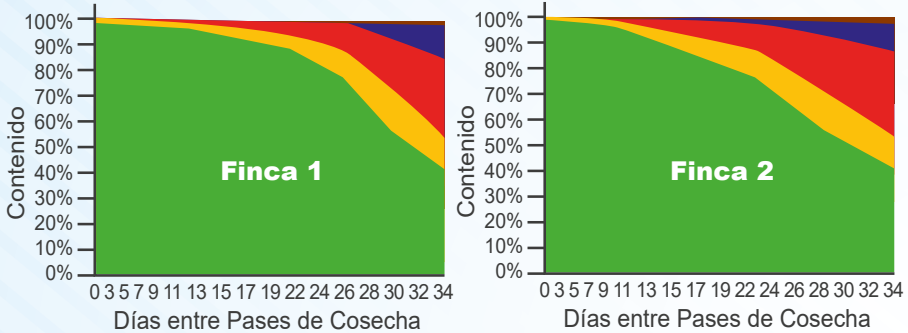


Figura 24. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Planadas.

## DOLORES

Frutos	Finca 1		Finca 2	
	17-18 días	34-35 días	17-18 días	34-35 días
Pintones	6,22%	11,88%	8,40%	12,16%
Maduros	8,14%	33,66%	8,65%	40,25%
Sobremaduros	1,43%	10,40%	0,13%	3,20%
Secos	0,11%	1,60%	0,00%	0,06%
<b>Cosechables</b>	<b>15,90%</b>	<b>57,54%</b>	<b>17,18%</b>	<b>55,67%</b>
Caídos	0,11%	0,17%	0,00%	0,00%

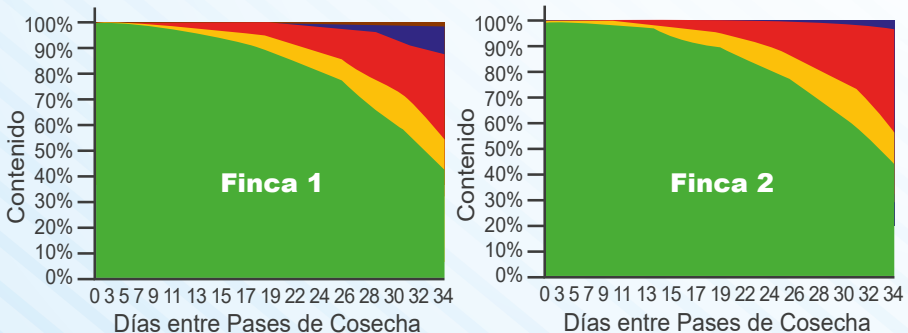


Figura 25. Dinámica de la maduración de los frutos de café en el municipio de Dolores.



### **Consideraciones del Estudio de Retención de pases de cosecha**

- ✔ En general, la dinámica de la maduración en los ocho municipios tiene un comportamiento muy similar.
- ✔ Cuando los frutos fueron dejados hasta 35 días en los árboles, el aumento de frutos cosechables varió desde 2,97 en Ibagué hasta 4,00 veces en San Antonio.
- ✔ Para no causar pérdidas considerables, se recomiendan retenciones de pases de cosecha hasta 35 días para los municipios de Fresno, Líbano y Chaparral, de 32 días para Ibagué, Rovira, Planadas y Dolores, y de 30 días para San Antonio.
- ✔ Se puede concluir, por el gran aumento de los frutos cosechables en los árboles, que es conveniente para los caficultores utilizar la retención de pases en los municipios estudiados.

## COSECHA CON LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Para determinar el desempeño de las nuevas tecnologías en el departamento de Tolima, en los mismos ocho municipios en los que se hizo el estudio anterior (Figura 5), se realizó un estudio en el que se podía determinar el efecto del uso de ellas, en comparación con el sistema tradicional con coco. Para tal fin, en cada uno de los municipios se seleccionaron 25 fincas para hacer las pruebas. Del total de fincas, solamente el 26,7% estaba en cosecha principal, las fincas de los municipios de Fresno y Líbano, mientras que las restantes estaban en cosecha de mitaca.

Las pruebas consistieron en trabajar con seis recolectores, de los cuales dos trabajaron con el método tradicional con coco, dos con cosecha manual con Lonas y los otros dos cosecharon con Lonas y Derribadora DSC18. Los recolectores trabajaron en lotes de las fincas seleccionadas que siguieron la metodología de retención de pases, y se les

asignaron surcos al azar.

Durante las pruebas se evaluaron las variables: Rendimiento expresado en kg/h/operario de frutos de café, Contenido de frutos verdes en la masa cosechada expresada en porcentaje en masa, Pérdidas al suelo en número de frutos por sitio, y Eficacia de recolección expresada en número de frutos maduros dejados en los árboles. Por múltiples razones relacionadas con el clima, la logística, la distribución de la cosecha, entre otros, no fue posible realizar la investigación en el total de las fincas seleccionadas y en algunas fincas no se pudieron llevar a cabo las jornadas completas, sin embargo, se trabajaron fracciones de jornada que se consideran válidas para el trabajo, dado que las variables de respuesta son independientes de ese factor. En la Tabla 1 se presenta el número de fincas evaluadas por municipio, las cuales totalizan 150, es decir, el 75% del esperado.

**Tabla 1. Número de fincas por municipio**

Municipio	Fincas	Municipio	Fincas
Fresno	20	San Antonio	24
Líbano	20	Chaparral	18
Ibagué	21	Planadas	18
Rovira	18	Dolores	11

## Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados promedio por municipio, mientras que en la Tabla 3 se presentan los promedios ponderados obtenidos en general en todo el estudio.

Tabla 2. Valores para las variables evaluadas con los tres sistemas de recolección evaluados en el departamento de Tolima

Método	Rendimiento [kg/h/operario]	Frutos Verdes cosechados	Pérdidas [frutos/sitio]	Eficacia [frutos/sitio]
<b>FRESNO</b>				
DSC18	21,44	4,73%	0,67	0,53
Lonas	24,71	1,85%	0,64	0,65
Coco	15,87	1,17%	0,75	0,62
<b>LÍBANO</b>				
DSC18	23,11	2,87%	0,75	0,68
Lonas	27,10	1,85%	0,64	0,65
Coco	10,95	1,17%	0,75	0,62
<b>IBAGUÉ</b>				
DSC18	16,56	4,31%	0,11	0,72
Lonas	17,64	1,38%	0,10	0,60
Coco	9,21	1,28%	0,81	0,64
<b>ROVIRA</b>				
DSC18	25,78	3,27%	0,28	1,19
Lonas	21,76	1,38%	0,33	1,07
Coco	10,21	1,63%	1,03	1,14
<b>SAN ANTONIO</b>				
DSC18	20,07	3,57%	0,12	0,63
Lonas	22,55	1,88%	0,17	0,66
Coco	9,78	1,71%	1,17	1,06
<b>CHAPARRAL</b>				
DSC18	17,42	2,77%	0,41	1,22
Lonas	19,92	1,54%	0,35	1,14
Coco	9,53	1,93%	1,84	1,31



Método	Rendimiento [kg/h/operario]	Frutos Verdes cosechados	Pérdidas [frutos/sitio]	Eficacia [frutos/sitio]
<b>PLANADAS</b>				
DSC18	18,91	2,39%	0,09	1,03
Lonas	19,16	0,98%	0,28	1,06
Coco	9,87	1,00%	0,95	1,46
<b>DOLORES</b>				
DSC18	19,25	2,45%	0,30	0,40
Lonas	17,35	0,98%	0,33	0,55
Coco	10,33	0,70%	1,03	0,94

TIPO DE COSECHA	Rendimiento [kg/h/operario]	Frutos Verdes	Pérdidas [frutos/árbol]	Maduros en el Árbol [frutos/árbol]
Derribadora DSC18	20,34	3,38%	0,34	0,81
Cosecha manual con Lonas	21,56	1,52%	0,35	0,80
Cosecha tradicional con coco	10,74	1,37%	1,03	0,96

## Consideraciones de la Cosecha con Nuevas Tecnología

En lo relacionado con el rendimiento de los operarios, de las Tablas 2 y 3 se puede concluir que hay una diferencia descriptiva entre las nuevas tecnologías en comparación con la cosecha tradicio-

nal con coco. Sin embargo, no hay diferencia estadística entre los tratamientos de cosecha manual con Lonas y de cosecha con Lonas y Derribadora. Esto puede explicarse por varias razones:

- ✓ Las condiciones de los árboles no eran las más indicadas para la máquina, ya que el 73,3% de las fincas se encontraba en cosecha secundaria o travesía.
- ✓ Los operarios que trabajan con la máquina tienen una curva de aprendizaje más lenta, es decir, los recolectores necesitan un mayor tiempo para acostumbrarse al trabajo con la derribadora.
- ✓ Debido a que la concentración y carga de frutos maduros no eran las especificadas, hubo necesidad de un repase después de la recolección con máquina que requirió mucho tiempo y como consecuencia bajó el rendimiento.

Se resaltan los resultados obtenidos con la cosecha manual con lonas, pues en promedio general, los recolectores que trabajaron con ellas obtuvieron el 101% de mayor rendimiento que los que recolectaron con sistema tradicional, lo cual es importante para los caficultores porque pueden obtener ventajas económicas y de racionalización de la mano de obra para la cosecha, mientras que los recolectores obtienen mayores ingresos realizando el mismo trabajo de una manera más cómoda, saludable y eficiente.

Se espera que, en condiciones más favorables de carga y concentración de frutos maduros, los recolectores obtengan mayor rendimiento con la derribadora DSC18.

En cuanto al contenido de frutos verdes en la masa cosechada se considera que los resultados obtenidos con la cosecha manual con lonas son iguales a los obtenidos con el sistema tradicional con coco. Los resultados obtenidos con la derribadora son estadísticamente diferentes y son más del doble del contenido de frutos verdes obtenido con la cosecha manual, ya sea con lonas o con coco. No obstante, la magnitud del contenido de

frutos verdes obtenido con la derribadora es aceptable para ser recolección con el uso de una máquina, no obstante, se considera que los recolectores estuvieron muy estrictos con la recolección de frutos verdes, razón por la cual obtuvieron un rendimiento menor que el esperado.

Por el lado de las pérdidas, es decir de los frutos que accidentalmente quedan en el suelo, se observó que todos los tratamientos estuvieron por debajo de la recomendación para cumplir con el manejo integrado de la broca del café (Bustillo et al., 1994), el cual es de máximo 5 frutos de café por sitio. No obstante, los resultados obtenidos con el sistema tradicional con coco son diferentes estadísticamente a los resultados obtenidos cuando se recolectó manualmente con lonas y cuando se recolectó con el sistema lonas y Derribadora, y son mayores en una relación aproximada de 3 veces en magnitud.

Los frutos maduros dejados en el árbol fueron muy bajos con relación a la recomendación para control integrado de la broca de café (Bustillo et al., 1994), el cual debe ser menor a 5 frutos por árbol. Así mismo, los valores son iguales estadísticamente.

## ANÁLISIS DE CALIDAD

El departamento del Tolima se distingue por su biodiversidad, por sus múltiples paisajes naturales y por la producción de un café de alta calidad, el mismo que ya disfrutaban miles de consumidores en el mundo, el cual se caracteriza por el siguiente perfil, de acuerdo con la Denominación de Origen de Café del Tolima: “limpio, suave, con un balance entre los atributos de fragancia, sabor, cuerpo y acidez; adicionalmente son característicos de su perfil las notas frutales, cítricas herbales y sabor a panela”.

La caracterización del café se determina mediante la realización de evaluaciones de taza (sensoriales) y físicas (tamaño de grano); teniendo en cuenta que una taza de café expresa los aspectos que ocurrieron en las condiciones climáticas imperantes en la época en la cual se desarrolló el fruto, el sistema de producción, el suministro de nutrientes, la adecuada recolección de frutos maduros, beneficio, secado, almacenamiento, transporte y finalmente la comercialización.

Bajo las anteriores consideraciones, en este documento se muestra

el análisis sobre los resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales de las muestras de café pergamino seco en los municipios de Chaparral, Dolores, Fresno, Ibagué, Líbano, Planadas, Rovira y San Antonio, para el café recolectado en tres tipos de tratamiento: cosecha tradicional, cosecha utilizando lonas de recolección y la derribadora de café DSC18.

En el siguiente análisis de la calidad del café se relacionan los diferentes aspectos que determinan la calidad del producto en sus tres dimensiones de calidad: física, química y sensorial.

### Descripción del trabajo

Paralelo a las visitas a finca a cada caficultor beneficiado del proyecto realizadas por los Promotores de Desarrollo Rural del Comité de Cafeteros del Tolima, se recolectaron 200 muestras de café pergamino seco de 500 gramos que fueron producto de la cosecha tradicional utilizando cocos, y 400 muestras de café pergamino seco proveniente de la cosecha de café utilizando las lonas y la derribadora selectiva DSC-18; todas

las muestras fueron analizadas para determinar las características físicas y sensoriales y así determinar si algún indicador de calidad se altera o mejora utilizando las metodologías de la cosecha asistida.

Las muestras de café pergamino seco que fueron llevadas al Laboratorio de Cafés Especiales del Comité de Cafeteros del Tolima tuvieron el siguiente protocolo:

- ☑ Codificación de la muestra.
- ☑ Toma de humedad.
- ☑ Trilla de las muestras.
- ☑ Tamizado de las muestras.
- ☑ Clasificación de defectos.
- ☑ Tostión de muestras.
- ☑ Preparación para catación.
- ☑ Catación.
- ☑ Reporte de resultados.

A cada muestra se le asignaron dos códigos durante el proceso, de esta manera al ingresar al laboratorio, el código indicaba el municipio, un consecutivo único y el mes de ingreso. Después de realizar el análisis físico y al llegar al proceso de tueste, se le asignó un número consecutivo que correspondía a la ubicación en la mesa de catación. Este sistema minimiza los sesgos que se pueden presentar de acuerdo con los tratamientos o a los caficultores.



## Calidad Física

El café del Tolima presenta un porcentaje de rendimiento en trilla del 81,40% y un porcentaje de merma que representa la cantidad de cascarrilla de café después del proceso de trillado de 18,60%.

El porcentaje de granos de café en almendra sin defecto para las muestras testigo o cosecha tradicional fue del 86,6%, mientras que fue del 89,3 y 90,9% para cosecha con lonas y cosecha con derribadora respectivamente.

De los defectos encontrados y de mayor impacto fueron los granos afectados por broca; a nivel general se puede concluir que el uso de las lonas

y la derribadora no tuvo un impacto negativo en el aumento de este defecto, por el contrario en algunos municipios se presentaron reducciones del porcentaje de infestación en comparación con las muestra de café pergamino seco del proceso de cosecha con cocos; en la Figura 14 se muestra por municipio el comportamiento del promedio del nivel de infestación con el uso de los tres métodos de recolección utilizados.

Solamente el 3,0% de las muestras presentaron niveles de humedad superiores al 12%, a las cuales se les continuó el secado en el laboratorio.

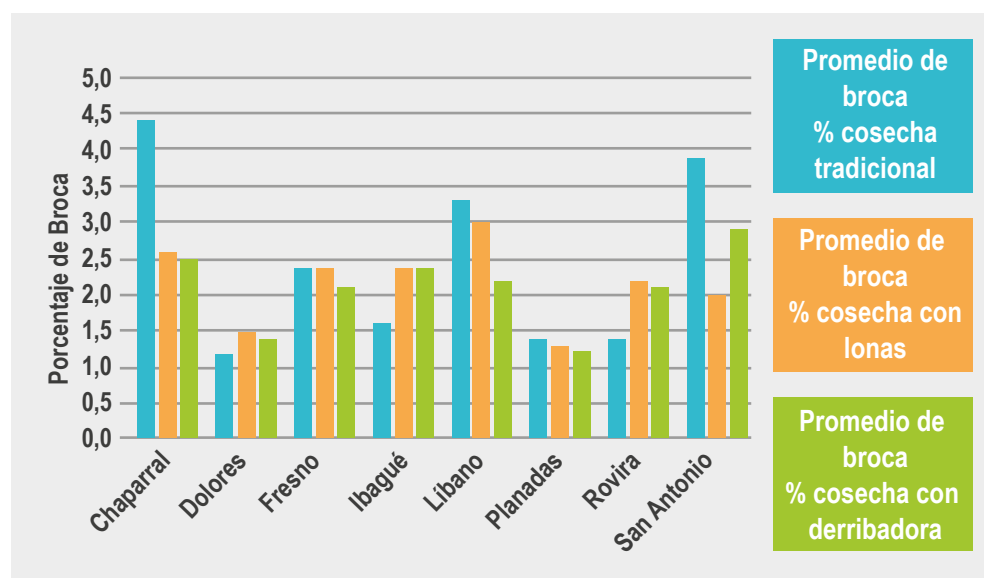


Figura 26. Contenido de café brocado.

En algunas muestras se evidenciaron niveles de humedad superiores al rango óptimo (10 – 12%) a las cuales se les continuó el secado en el laboratorio; de acuerdo con esto todas las muestras analizadas se encontraban en el rango de humedad, sin embargo, es evidente que en algunas se alcanzaron a presentar anomalías asociadas al manejo de la humedad. Prueba de esto es

que el 15% de las muestras analizadas presentaron sabores maderosos, mohosos y con defecto reposo o envejecido.

De todas las muestras analizadas se evidenció un 2,8% con el defecto fenol de las cuales el 70% se encontraban con niveles de broca por encima del 2%. Así mismo, de todas las muestras analizadas se reportaron cuatro defectos vinagres.



## Calidad Sensorial

La evaluación sensorial es usada para conocer el aroma y el sabor. Por medio de esta técnica se pudo identificar los defectos presentes en la bebida de café, medir la intensidad de una característica sensorial como la acidez y el dulzor, y de igual forma, calificar el sabor, el aroma y la calidad global del producto.

El 15% de las muestras analizadas presentaron sabores maderosos, mohosos y con defecto reposo o envejecido. El 2,8% de las muestras presentaron defecto fenol, de las cuales el 70% se encontraban con niveles de broca por encima del 2%. Así mismo, de todas las muestras analizadas, el 2% se reportaron con defecto vinagre.

Dentro de los resultados obtenidos, no se pueden atribuir defectos en taza a las metodologías empleadas en los procesos de recolección asistida.

El promedio de calificación sensorial, basado en el protocolo SCA para las muestras testigo fue de 80,89; para las muestras en las que se usó lonas y recolección manual estuvo en 81,33 y para los ensayos correspondientes a lonas y uso de la derribadora, este promedio se encontró en 81,66, los cuales son estadísticamente iguales (Figura 27).

La puntuación promedio de las muestras que se encontraron libres de defecto es 81,29, considerándose buena para los estándares de café con que se reconoce el departamento del Tolima.

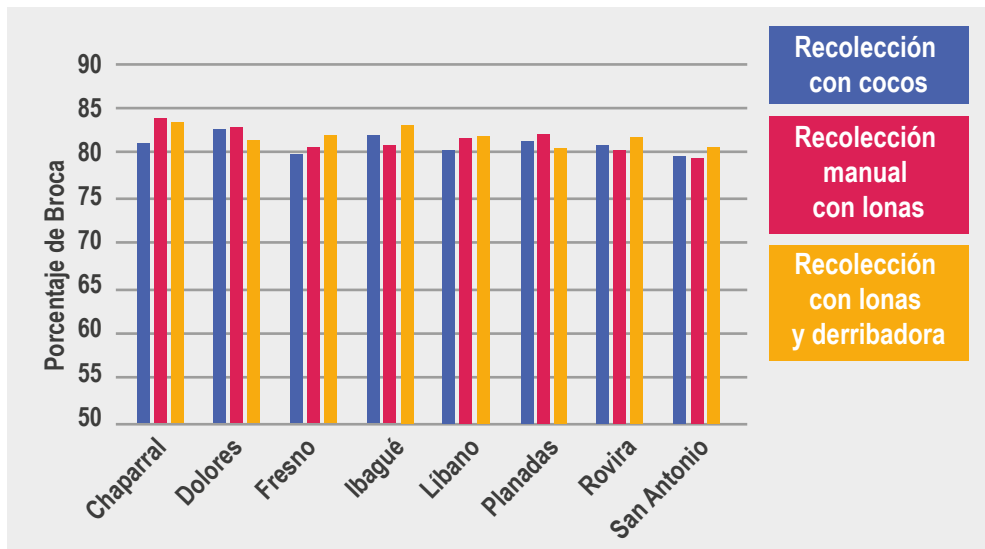


Figura 27. Calificaciones en taza del café proveniente de los tres tratamientos.

## EDUCACIÓN A CAFICULTORES

En la ejecución del proyecto, un factor fundamental fue la transferencia de tecnologías a los caficultores. En este sentido se realizaron 10 capacitaciones en la conservación y aumento en la calidad del café en la finca, con una participación de 163 agricultores y 10 capacitaciones en la aplicación de

la cosecha asistida de café con una participación de 243 caficultores. De otra parte, masivamente se realizaron cuatro días de campo con la participación de 421 caficultores. Las siguientes figuras muestran fotografías de los diferentes días de campo en los que se cumplieron esas metas.



Municipio de Chaparral



Municipio de Planadas



Municipio de Ibagué



Municipio de Líbano



Municipio de Chaparral



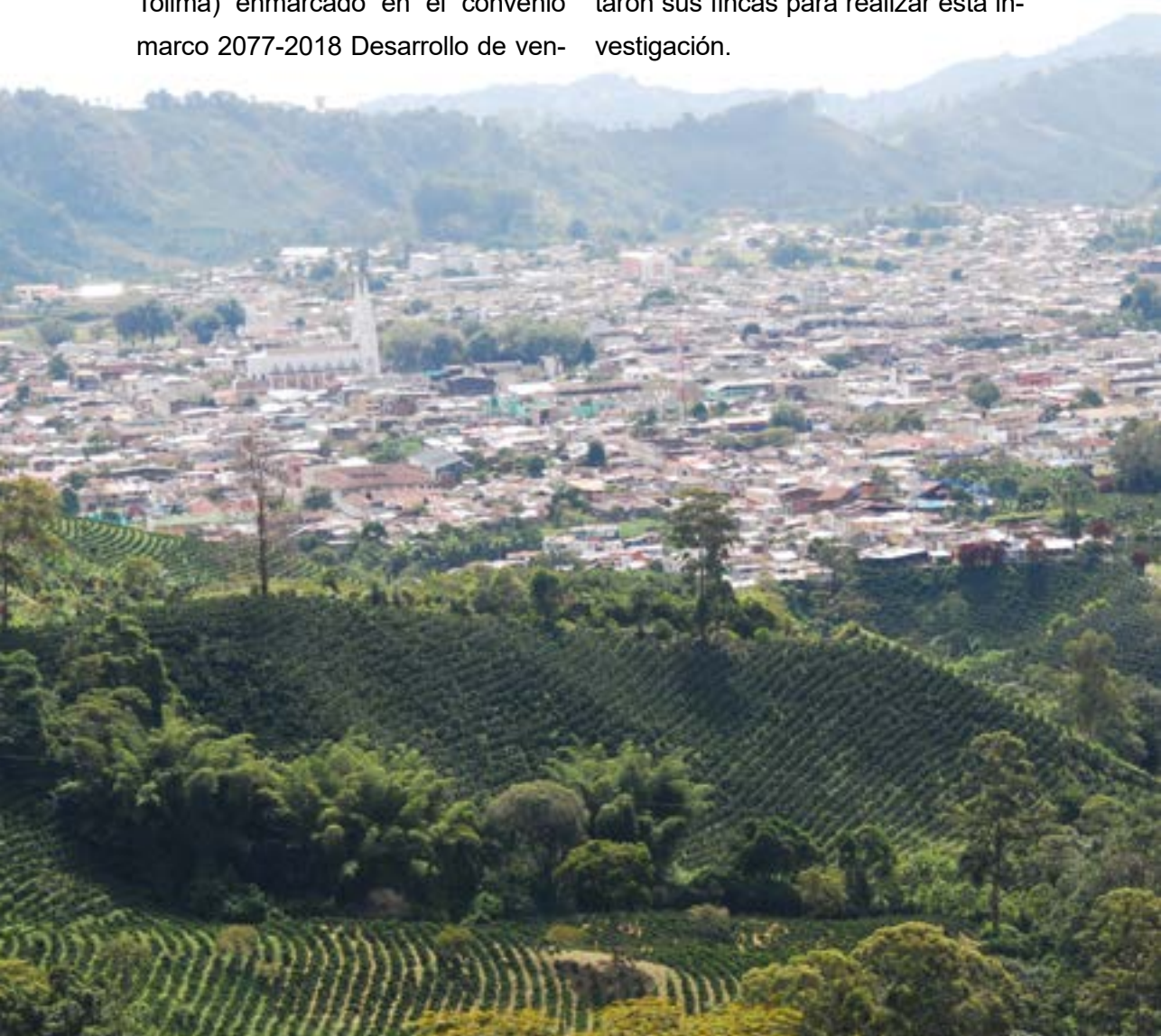
Municipio de Dolores



## AGRADECIMIENTOS

Juan Rodrigo Sanz y Julián David Hincapié agradecen a la Gobernación del Tolima y a la Universidad del Tolima por su financiación mediante recursos del Sistema General de Regalías (SGR) derivados del convenio número 35-2019 (Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café en el departamento del Tolima) enmarcado en el convenio marco 2077-2018 Desarrollo de ven-

tajas competitivas mediante actividades I+D+I en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima. Así mismo, un agradecimiento muy especial para Gonzalo Guzmán Salas, Jorge Torres Silva, Dovy Bustos Acosta, quienes hicieron la gran tarea de tomar los datos en el campo y a los caficultores que prestaron sus fincas para realizar esta investigación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez M., F.; Oliveros T., C. E.; Sanz U., J. R. (2013). *Diseño, construcción y evaluación de un equipo para la cosecha mecanizada de café en Colombia*. Universidad del Valle. Ingeniería de recursos naturales y del ambiente 12: 4-16.
- Álvarez V., J. A., Oliveros T., C. E., Ramírez G., C. A. Sanz U., J. R., Moreno C., E. L. (2006) *Evaluación técnico-económica de un sistema de cosecha manual asistida de café*. En: X Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Neiva (Colombia).
- Álvarez V., J. A.; Oliveros T. C. E.; Ramírez G., C. A. (2004) *Evaluación de dos sistemas para el manejo de mallas en la cosecha manual del café*. Cenicafé 55(2):130-135.
- Álvarez T., E.; Álvarez M., F.; Oliveros T., C. E.; Montoya R., E. C. (1999) *Propiedades físico-mecánicas del fruto de café y del sistema fruto-pedúnculo del café variedad Colombia*. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 52(2): 701-732.
- Araque S., H.; Oliveros T., C. E.; Sanz U., J. R.; Ramírez G., C. A. (2005) *Desempeño de vibradores portátiles del tallo en la cosecha del café*. Cenicafé 56(4): 339-347.
- Aristizábal T., I. D.; Oliveros T., C. E.; Álvarez M., F. (2003) *Physical and mechanical properties of the coffee tree related to harvest mechanization*. Transactions of the ASAE. Vol 46 (2): 197-204.
- Aristizábal T., I. D.; Oliveros T., C. E.; Álvarez M., F. (2003) *Mechanical harvesting of coffee applying circular and multi-directional vibrations*. Transactions of the ASAE. Vol 46 (2): 205-209.
- Bustillo P., A. E.; Cárdenas M., R.; Villalba G., D. A.; Benavides M., P.; Orozco H., J.; Posada F., F. J. (1998). *Manejo integrado de la broca del café Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia*. Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFÉ. Chinchiná (Colombia). 134 p.
- 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.

Ciro V., J. H.; Álvarez M., F; Oliveros T., C. E. (1998a) *Estudio experimental de la dinámica de las vibraciones longitudinales y transversales aplicadas a las ramas de café.* Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 51(2): 245-275.

Ciro V., J. H.; Oliveros T., C. E.; Álvarez M., F. (1998b) *Estudio dinámico bajo oscilación forzada del sistema fruto-pedúnculo (S.F.P.) del café variedad Colombia.* Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 51(1): 63-90.

Ciro V., J. H.; Oliveros T., C. E.; Álvarez M., F.; Montoya R., E. C. (1998c) *Respuesta dinámica de la rama del cafeto a la aplicación de vibraciones unidireccionales.* Cenicafé. 49(2):151-161.

Comité Departamental de Cafeteros

del Tolima. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (26 de abril, 2017). *Denominación de origen café de Tolima. Tolima Cafetero, separata técnica.* Recuperado de: [https://issuu.com/tolimacafetero/docs/periodico\\_tolima\\_cafetero\\_edicio\\_f742202a729c63](https://issuu.com/tolimacafetero/docs/periodico_tolima_cafetero_edicio_f742202a729c63)

Comité Departamental de Cafeteros del Tolima. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (12 de marzo, 2020). *Tolima y Colombia: productividad mayor a 21 sacos por hectárea, separata técnica. Tolima Cafetero.* Recuperado de: [https://issuu.com/tolimacafetero/docs/tolima\\_cafetero\\_edici\\_n\\_275](https://issuu.com/tolimacafetero/docs/tolima_cafetero_edici_n_275)

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. DANE (2018). Anexos PIB departamental / 2005 - 2018 provisional. *Resultados por actividad económica.* Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>

- Díaz G., D.; Ramírez G., C. A.; Oliveros T., C. E.; Moreno C., E. L. (2009). *Cosecha de café con el equipo STIHL SP-81 de actuadores oscilantes*. Cenicafé (Colombia) 60(1): 41-57.
- Granja F., J. J.; Oliveros T., C. E. (2003) *Diseño, construcción y evaluación de un vibrador multidireccional de tallos para la cosecha mecánica de café en Colombia (2)*. Scientia et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira, 21: 58-64.
- Londoño H., D.; Oliveros T., C. E.; Moreno S., M. A. (2002) *Desarrollo de una herramienta manual para asistir la recolección de café en Colombia*. Cenicafé 53(2): 93-105.
- López F., H. A.; Ramírez G., C. A.; Oliveros T., C. E.; Sanz U., J. R. (2008) *Aroandes, una tecnología para la cosecha manual de café con alta calidad*. Cenicafé 59(4): 283-294.
- López F., H. A.; Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Álvarez V., J. A.; Sanz U., J. R. (2008) *Manga para la recolección manual de café: Experiencia de investigación participativa*. Avances Técnicos Cenicafé. 374:1-8.
- Oliveros T., C. E.; Sanz U., J. R.; Ramírez G., C. A.; Tibaduiza V., C.A. (2013) *ECOMILL: Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café*. Avances Técnicos Cenicafé. 432:1-8.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R. (2013) *Cosecha del café*. En: CENICAFE. *Manual del Cafetero Colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*, Tomo 2. Chinchiná: FNC: CENICAFE.
- Oliveros T., C. E.; Sanz U., J. R. (2011). *Ingeniería y Café en Colombia (Dossier)*. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. 33:99-114.
- Oliveros T., C. E.; Álvarez V., J. A.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R.; Moreno C., E. L.; Peñuela M., A. E. (2006) *Cosecha manual de café utilizando mallas plásticas*. Avances

- Técnicos Cenicafé. 354:1-8.
- Oliveros T., C. E.; Benítez M., R.; Álvarez M., F.; Aristizábal T., I. D.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R. (2005a) *Cosecha del café con vibradores portátiles del tallo*. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 58(1): 2697 – 2708.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Buenaventura A., J. D.; Sanz U., J. R. (2005b) *Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café*. Cenicafé 56(1):37-49.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Acosta A., R. (2005c) *Equipo portátil para asistir la cosecha manual de café*. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 58(2): 3003 – 3013.
- Peñuela M., A. E.; Sanz U., J. R.; Pabón U., J. P. (2012). *Método para identificar el momento final de la fermentación de mucílago de café*. Revista Cenicafé 63(1):120-131.
- Portafolio (2018) *Así funciona la máquina para recolectar 360 kilos de café por jornal*. Portafolio. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/asi-funciona-la-maquina-para-recolectar-360-kilos-de-cafe-por-jornal-523645>.
- Ramírez G., C. A., Oliveros T., C. E., Sanz U., J. R.; Acosta A., R.; Buenaventura A., J. D. (2006) *Desgranador mecánico portátil para la cosecha del café – Descafé*. Cenicafé 57(2):122-131.
- Rendón S., J. R. (2016) *Sistemas de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 463: 1-8.
- Rendón S., J. R.; Montoya R., E. C. (2015). *Cómo registrar las floraciones en los cafetales*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 455: 1-4.
- Rendón S., J. R.; Arcila P., J.; Montoya R., E. C. (2008) *Estimación de la producción de café con base en los registros de floración*. Cenicafé 59 (3): 238-259.
- Roa M., G.; Oliveros T., C. E.; Álvarez G., J.; Ramírez G., C. A.;

- Sanz U., J. R.; Álvarez H., J. R.; Dávila A., M. T.; Zambrano F., D. A.; Puerta Q., G. I.; Rodríguez V., N. (1999). *Beneficio ecológico del café*. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 273 p.
- Sanz U., J. R.; Oliveros T., C. E.; Duque O., H.; Mejía M., C. G.; Benavides M., P.; Rivera M., R. D. (2018a) *Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 488:1-8.
- Sanz U., J. R.; Duque O., H.; Menza F., H. D.; Zamudio C., G. E.; Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A. (2018b) *Lonas para asistir la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 487:1-8.
- Sanz U., J. R.; Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Peñuela M., A. E.; Ramos G., P. J. (2013). *Proceso de beneficio*. En: *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Tomo 3. Chinchiná: FNC: CENICAFE. p. 9-47.
- Sanz-Uribe., J. R. (2008) *Mobile device for mechanical harvesting of coffee in steep terrain*. Saarbrücken (Alemania), VDM Verlag. 152 p
- Vélez Z., J. C.; Montoya R., E. C. (2003) *Mejore la recolección de café adoptando el método mejorado*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) 310:1-8.
- Vélez Z., J. C.; Montoya R., E. C.; Oliveros T., C. E. (1999) *Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café*. Chinchiná (Colombia), CENICAFÉ. Boletín Técnico N° 21. 91p.
- Villegas H., A. M.; Santos R., J. M.; Yepes, K.; Alarcón, R.; Quiroga M., K.; Posada S., H. E.; Samper, L. F.; Pérez H., C.; Monroy, G.; Hincapié, J. D. (2015). *Documento técnico que soporta la solicitud de denominación de origen protegida café del Tolima*. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 116 p.





ISBN: 978-958-8490-41-0



9 789588 490410