

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIPO DE PODAS SOBRE LA APARICIÓN DE LA PRIMERA FLORACIÓN CULTIVO DEL CAFÉ (*Coffea arabica L*) EN LA MESETA DE POPAYÁN



Universidad
del Cauca

ANDREA MILEIDY ALVARADO RENGIFO

DANIEL MAURICIO ORDÓÑEZ MORENO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIPO DE PODAS SOBRE LA APARICIÓN DE LA PRIMERA FLORACIÓN CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L) EN LA MESETA DE POPAYÁN

ANDREA MILEIDY ALVARADO RENGIFO
DANIEL MAURICIO ORDÓÑEZ MORENO

Informe final trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de Ingenieros Agropecuarios

Directores
I.A. M Sc. CONSUELO MONTES ROJAS
I.A. M Sc. JAVIER HOYOS GARCÍA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

Nota de aceptación

Los directores y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación de este por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Firma Director

Firma Director

Firma Jurado

¡Gracias totales!

A mi padre Francisco Javier Ordóñez Hurtado y a mi madre Irma Moreno Vargas quienes con entereza y amor hicieron posible este sueño que se convierte en realidad; a mi hermano Javier Alfonso y a mis hermanas Isabel Sofía y Adriana por estar presentes en mi vida; a mis queridos amigos Jhon Heider Toro y Camilo Paz por su afecto incondicional y el apoyo en circunstancias difíciles; a los docentes Consuelo Montes y Javier Hoyos por regalarme parte de su conocimiento y tiempo; a Andrea Alvarado por este trasegar cargado de aventuras, gracias por el aguante; a Stephanie por ser mi compañera, confidente, amiga, novia; a Carolina Hurtado por el impulso y a cada una de las personas que hicieron parte de esta sorprendente e inquietante etapa que culmina, con cariño, Mauricio.

¡Mi más profundo agradecimiento!

A mis padres Matilde Rengifo y Alirio Alvarado, por creer en mi y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante, por hacerme sentir que a pesar de todos los obstáculos yo podía hacer la diferencia, los amo; a mi hermana Marbelle Alvarado por su paciencia, perseverancia y cariño, sin ti este triunfo no fuese igual; a mis abuelas Celina Girón y Hortencia Gómez, por la magia que le han dado a mi vida, las adoro; a mi tío Issacc Alvarado, por su apoyo incondicional; al amor de mi vida Jairo Meneses por estar cuando mas te necesitaba, por confiar en mi y por las interminables horas de conversaciones que le dan paz a mi vida, te amo; a Luciana, la luz de mi vida. A Don Francisco y Doña Irma por acogerme en su hogar y hacerme sentir una mas de sus hijas; a Mauricio por su tiempo, risas y vivencias compartidas. A los docentes Consuelo Montes Rojas y Javier Hoyos García por su apoyo, dedicación, compromiso, conocimiento y paciencia en este caminar. Y a todas las personas que formaron parte de este proceso, con cariño, Andrea.

CONTENIDO

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. MARCO REFERENCIAL.....	14
1.1. EL CAFETO.....	14
1.2. VARIEDADES.....	16
1.2.1. <i>Variedad Castillo.....</i>	<i>16</i>
1.2.2. <i>Variedad Tabí.....</i>	<i>16</i>
1.3. MANEJO AGRONÓMICO.....	17
1.4. RENOVACIÓN DE CAFETALES.....	17
1.4.1. <i>Poda Pulmón o bandola.....</i>	<i>18</i>
1.4.2. <i>Esqueletamiento.....</i>	<i>18</i>
1.4.3. <i>Descope.....</i>	<i>18</i>
1.4.4. <i>Poda producción (descope más selección).....</i>	<i>18</i>
1.5. ANTECEDENTES EN EL USO DE PODAS EN CAFÉ.....	19
2. METODOLOGÍA.....	22
2.1. LOCALIZACIÓN.....	22
2.2. SELECCIÓN UNIDADES PRODUCTIVAS.....	22
2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
2.3.1. <i>Distribución de tratamientos en campo.....</i>	<i>24</i>
2.3.2. <i>Delimitación del perímetro experimental.....</i>	<i>25</i>
2.3.3. <i>Aplicación de tratamientos.....</i>	<i>26</i>
2.4. MANEJO AGRONÓMICO.....	28
2.4.1. <i>Control de arvenses.....</i>	<i>28</i>
2.4.2. <i>Control fitosanitario preventivo.....</i>	<i>29</i>
2.4.3. <i>Fertilización de lotes.....</i>	<i>30</i>
2.4.4. <i>Manejo de chupones.....</i>	<i>30</i>
2.5. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	31
2.5.1. <i>Conteo de flores.....</i>	<i>31</i>
2.5.2. <i>Porcentaje de cuajamiento.....</i>	<i>32</i>
2.5.3. <i>Pronóstico de cosecha.....</i>	<i>33</i>

2.5.4. Estimación de costos de producción	33
2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1. VARIABLES AGRONÓMICAS.....	34
3.1.1. Conteo de flores.	36
3.1.2. Porcentaje de cuajamiento.....	37
3.1.3. Pronóstico de cosecha.....	38
3.1.4. Evaluación fitosanitaria.....	40
3.1.5. Estimación de costos de producción.....	41
4. CONCLUSIONES	43
5. RECOMENDACIONES.....	44
6. BIBLIOGRAFÍA.....	45
7. ANEXOS	49
Anexo A. Instructivo renovación poda esqueletamiento (T1 – T5).	49
Anexo B. Instructivo renovación poda pulmón, variedad Tabí (T2 – T6).....	50
Anexo C. Instructivo renovación poda descope, variedad Tabí (T3 – T7).....	51
Anexo D. Instructivo renovación poda producción, variedad Tabí (T4 – T8).	52
Anexo E. Instructivo renovación poda esqueletamiento, variedad Castillo (T1 – T5).	53
Anexo F. Instructivo renovación poda pulmón, variedad Castillo (T2 – T6).....	54
Anexo G. Instructivo renovación poda descope, variedad Castillo (T3 – T7).	55
Anexo H. Instructivo renovación poda producción, variedad Castillo (T4 – T8)....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del corregimiento La Venta en el municipio de Cajibío, Cauca – Colombia, sitio de investigación El Cafeto	22
Figura 2. Ubicación del experimento en la finca de Tecnicafé, lote 3N – variedad Castillo	23
Figura 3. Ubicación del experimento en la finca de Tecnicafé, lote 37 – variedad Tabí	23
Figura 4. Descripción de la parcela útil en el Lote 37 – Variedad Tabí	24
Figura 5. Distribución y aleatorización de los tratamientos en campo en el lote 37, variedad Tabí	25
Figura 6. Proceso de marcación de unidades productivas en los lotes 3N y 37	25
Figura 7. Poda esqueletamiento (PE)	26
Figura 8. Poda pulmón (PP)	26
Figura 9. Poda descope (PD)	27
Figura 10. Poda producción (DS) variedad Tabí	27
Figura 11. Aplicación de los tratamientos en campo y proceso de desinfección de herramientas y plantas.	28
Figura 12. Control de arvenses en la variedad Castillo y Tabí.	29
Figura 13. Presencia de llaga negra (<i>Rosellinia spp</i>) en la variedad Castillo	29
Figura 14. Evaluación fitosanitaria en la variedad Castillo para determinar el porcentaje de infestación de broca.	30
Figura 15. Manejo de chupones variedad Castillo, tratamiento PD.	31

Figura 16. Floración en la variedad Castillo y Tabí.	32
Figura 17. Conteo de frutos, variedad Tabí.	32
Figura 18. Pronóstico de cosecha.	33

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Promedios de respuesta en las variables agronómicas para las variedades Tabí y Castillo.	35
Cuadro 2. Análisis de varianza para las variedades Tabí y Castillo (P=0,05).	36
Cuadro 3. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable Conteo de flores	37
Cuadro 4. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable conteo de cuajamiento	38
Cuadro 5. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable Pronóstico de cosecha.	39
Cuadro 6. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable evaluación fitosanitaria.	41
Cuadro 7. Costos de operación por poda	42
Cuadro 8. Costos de producción por hectárea en año cafetero	42
Cuadro 9. Costos de producción por hectárea en año cafetero	43

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el departamento del Cauca, municipio de Cajibío, corregimiento La Venta en la finca Los Naranjos, la cual es propiedad de SUPRACAFE Colombia S. A. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de las podas pulmón, esqueletamiento, descope y poda de producción (descopado más selección), en dos variedades de café, Tabí y Castillo, de importancia económica en el departamento del Cauca.

Se comparó el comportamiento de floración después de las podas esqueletamiento, descope y poda de producción en las variedades Tabí y Castillo con la poda pulmón empleada por los caficultores nacionales y en especial por los del departamento del Cauca, para determinar el efecto en el tiempo en la primera floración. Como resultado se observó floraciones a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos en paralelo con las renovaciones convencionales.

El área de estudio para la variedad Castillo fue de 1.675,8 m², con distancias de siembra entre surcos de 1,5 m y entre plantas de 1,33 m; el área para la variedad Tabí fue de 2.091,6 m², con distancias de siembra entre surcos de 1,66 m y entre plantas de 1,5 m, para ambas se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables que se evaluaron fueron el conteo de flores, porcentaje de cuajamiento, pronóstico de cosecha y evaluación fitosanitaria y los tiempos estuvieron marcados por el desarrollo fisiológico de la planta.

El tratamiento ocho presentó el mejor comportamiento en el pronóstico de cosecha a primera floración después de la poda, superando al testigo en 198,36 y 142,49 @/ha c.p.s en las variedades Castillo y Tabí respectivamente. En el porcentaje de cuajamiento, el tratamiento ocho resultó mejor para la variedad Castillo superando al testigo en 9,13%, y para la variedad Tabí el mejor tratamiento fue el cuatro, superando al testigo en 9,96%. En el conteo de flores el mejor tratamiento para la variedad Castillo fue el ocho con un 14,01% por encima del testigo, en cuanto a la variedad Tabí lo fue el tratamiento cuatro 12,24% por encima del testigo.

Los costos de ejecución y mantenimiento de las podas muestran que los tratamientos cuatro y ocho tuvieron mayor costo por la minuciosidad en su aplicación, sin embargo, en los tratamientos 4 y 8 la rentabilidad es superior en 45% y 100% respectivamente. El tratamiento seis obtuvo la menor relación costo – beneficio, debido a bajo rendimiento productivo.

Palabras claves: Renovación, variedad Castillo, variedad Tabí, esqueletamiento, descope, poda producción, pulmón, floración, cuajamiento, pronóstico de cosecha.

ABSTRACT

This research work was carried out in the department of Cauca, in the municipality of Cajibío, La Venta in the Los Naranjos farm, which is owned by SUPRACAFE Colombia S. A. The objective of this work is to evaluate the effect of lung pruning, skeletonization, descoping and production pruning (descoping plus selection) on two varieties of coffee, Tabí and Castillo, of economic importance in the department of Cauca.

The flowering behavior after skeletonization, descoping and production pruning of the Tabí and Castillo varieties was compared with the lung pruning used by national coffee growers, especially those in the department of Cauca, in order to determine the effect on the time of the first flowering. As a result, flowering was observed 60 days after the application of the treatments in parallel with conventional renovations.

The research area for Castillo variety consisted in 1,675.8 m², with planting distances between furrows of 1.5 m and between plants of 1.33 m; the area for Tabí variety was of 2,091.6 m², with planting distances between furrows of 1.66 m and between plants of 1.5 m., for both it was used a randomized completed block design with three replications. The evaluated variables were flower count, fruit set percentage, harvest forecast and phytosanitary evaluation and the times were marked by the physiological development of the plant.

The treatment number eight presented the best behavior in the harvest prediction at first flowering after pruning, surpassing the control in 198.36 and 142.49 @/ha cps to the Castillo and Tabí varieties, respectively. In the fruit set percentage, treatment eight was better for the Castillo variety, surpassing the control by 9.13%, and for the Tabí variety, the best treatment was number four, surpassing the control by 9.96%. In the flower count, the best treatment for the Castillo variety was number eight with 14.01% above the control, and in a matter of the Tabí variety, treatment number four showed 12.24% above the control.

The costs of pruning execution and maintenance show that treatments four and eight had higher costs due to the meticulousness of their application; however, in treatments 4 and 8 the profitability is higher by 45% and 100%, respectively. Treatment six had the lowest cost-benefit ratio, due to low productive yield.

Key words: Renovation, Castillo variety, Tabí variety, skeletonization, descoping, pruning production, lung, flowering, fruit set, crop forecast.

INTRODUCCIÓN

La caficultura colombiana cumple un papel importante en la economía del país aportando el 30% del total del área agrícola sembrada en cultivos agroindustriales (DANE, 2016), por lo cual ejerce gran influencia sobre el resto de la actividad económica, es responsable de más de 2,5 millones de empleos directos e indirectos en el sector rural (MinAgricultura, 2020), ocupando a personas en toda la cadena productiva.

Según la Federación Nacional de Cafeteros (FNC, 2020), Colombia produjo cerca de 14,8 millones de sacos de 60 kg para el año 2019, de los cuales el departamento del Cauca produjo 1,45 millones de sacos de café trillado, ubicándolo como el cuarto productor a nivel nacional, recalcando una vez más que se debe trabajar en pro de maximizar la rentabilidad de los cultivos, aumentar la producción y crear sistemas resilientes en la obtención y transformación de café.

El café es un cultivo perenne que requiere de diferentes labores culturales para su mantenimiento, dentro de estas, se encuentran las podas de renovación que se usan con el ánimo de mantener el promedio de la producción (Ramírez *et al.*, 2013). Cuando se habla de renovación en Colombia, generalmente se refieren a zoca tradicional, poda pulmón (o bandola), calavera, entre otras, estas le implican a la planta una pérdida del sistema radicular que va desde el 30 al 80% según la poda (según entrevistas realizadas a diferentes productores de la zona).

De igual modo, existe un alto riesgo en la aparición de plagas y enfermedades, agotamiento del potencial productivo, dificultad en la recuperación de tejidos y problemas en la recolección del fruto (Rendón, 2016). Por consiguiente, dependiendo de la poda utilizada varían los flujos de caja del productor que van desde 3 a 7 años (según entrevistas realizadas a diferentes productores de la zona), quedando de 8 a 16 meses sin ninguna entrada económica proveniente del cultivo, es importante mencionar que los tiempos dependen de la ubicación geográfica de este.

Por lo anterior las investigaciones realizadas hasta el momento por los diferentes centros de investigación se han encaminado a evaluar diferentes alternativas que mejoran los rendimientos del cultivo (Ramírez *et al.*, 2013), sin embargo, los productores se han mostrado escépticos a estos planteamientos por los largos tiempos de recuperación, afectando los flujos de caja de los pequeños y medianos productores (según entrevistas realizadas a productores).

Es importante resaltar que la caficultura colombiana aporta el 15% del Producto Interno Bruto (PIB) en la actividad agrícola del país, de la cual dependen 545 mil familias, generando más de 2,5 millones de empleos directos e indirectos (MinAgricultura, 2020), por lo cual es fundamental seguir trabajando en pro de maximizar la rentabilidad del cultivo en toda la cadena productiva.

De igual forma el departamento del Cauca está considerado en el país como uno de los

principales engranajes del llamado “nuevo eje cafetero”, no solo por el volumen de producción, 1,5 millones sacos de c.p.s. (CCC, 2020), sino también por su calidad en taza; es el producto por excelencia de los caucanos sin distinción de razas, etnias, o jerarquías sociales, ocupando el primer lugar en importancia económica dentro del departamento (Comité de cafeteros del Cauca, 2018).

El café se cultiva en pequeñas parcelas, principalmente por comunidades afrodescendientes, indígenas y campesinas las cuales albergan cerca de 91.000 familias cafeteras, que cultivan 93.000 hectáreas de café arábigo de las variedades Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí. En Cauca, el café no solo ha sido motor de desarrollo, sino que además los 33 municipios cafeteros basan su dinámica social y económica alrededor del grano, permitiendo que el departamento se destaque por su productividad y calidad en la taza, aportando 65.000 mil empleos directos, lo que equivale al 33% de la población rural (CCC, 2020).

Es por ello por lo que, es preciso evaluar prácticas agronómicas no convencionales en búsqueda de mejorar parámetros que permitan al productor incrementar sus ingresos económicos, disminuyendo el tiempo a primera floración por medio de podas. Estas pueden llegar a significar una evolución positiva del cultivar porque no han sido evaluadas a profundidad, trayendo como consecuencia a mediano plazo el aumento de los ingresos de las comunidades dependientes de la producción del grano, y por consiguiente un mejor nivel de vida en todos sus aspectos.

Bajo este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de las podas pulmón, esqueletamiento, descope y poda de producción (descope más selección), en dos variedades de café de importancia económica en el departamento del Cauca con el fin de determinar el efecto en el tiempo a primera floración, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos: evaluar el efecto en la floración de las podas esqueletamiento, descope y poda producción en las variedades Tabí y Castillo en comparación con la poda pulmón empleada por los caficultores del departamento del Cauca, en primera floración después de la poda; determinar la diferencia en la reducción de tiempos a primera floración con respecto al manejo y renovaciones convencionales y transferir los resultados obtenidos a las comunidades cafeteras contribuyendo así al desarrollo social y económico de estas.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. EL CAFETO

El café pertenece a la familia Rubiáceae y al género *Coffea*, dentro de las especies más conocidas comercialmente se encuentran la *Coffea arabica* Lineo, también llamada Arábica o Arábiga, y *Coffea canephora* Pierre conocida como Robusta (Herrera *et al.*, 2013). El café es un arbusto perenne y su ciclo de vida comercial puede alcanzar de 20 a 25 años dependiendo de las condiciones de cultivo, es decir, de su manejo agronómico (Arcila *et al.*, 2007). En todo su ciclo de vida, la planta de café destina gran parte a su desarrollo vegetativo, producción de ramas, nudos, hojas y raíces (Dedecca, 1957).

El sistema radicular de las plantas jóvenes de café, menores a un año, posee una raíz pivotante bastante ramificada la cual predomina sobre las raíces laterales; las plantas adultas del género *Coffea arabica*, de 6 a 9 años, tienen una raíz pivotante central muy fuerte, la cual disminuye su diámetro abruptamente y no se extiende más allá de 45 cm de profundidad en algunos casos, a esta, la acompañan de cuatro a ocho raíces axilares las cuales se extienden de 2 a 3 m de profundidad verticalmente y se ramifican en todas las direcciones (Arcila *et al.*, 2007).

Las raíces laterales superficiales crecen hasta 1,5 m paralelas al suelo y en raras ocasiones su crecimiento es uniformemente en todas las direcciones, por otro lado, las raíces subsuperficiales se desarrollan a mayor profundidad y en todos los planos. Es importante mencionar que la mayor cantidad de raíces activas del cafeto se encuentran muy cerca de la superficie (cerca del 86% de las raíces absorbentes y un 89,9% de las raíces totales del cafeto), es decir, en los primeros 30 cm (Arcila *et al.*, 2007).

En cuanto al tallo, este crece de forma vertical, dando en primer lugar dos hojas a la misma altura, opuestas una a la otra, y luego otras dos, las cuales se ubican en cruz con las anteriores. Dichas hojas se encuentran en abultamientos del tallo denominados nudos, el espacio que existe entre cada nudo lleva por nombre entrenudo (FNC, 1958). Se debe agregar que, las células meristemáticas ubicadas en el ápice del tallo, ramas (yemas apicales) y axilas de las hojas (yemas laterales, axilares y seriadas) dan origen a la parte aérea del cafeto, desarrollando hojas, nudos, brotes, ramas y flores (Arcila *et al.*, 2007).

Los nudos formados en el tallo dan origen a dos axilas foliares opuestas y estas a su vez originan de 4 a 5 yemas ordenadas de forma lineal, de mayor a menor (yemas seriadas), siendo la de mayor edad la que dará origen a las ramas primarias (cabe aclarar, que se forma un solo par de ramas primarias por nudo), la siguiente yema de la serie originara los chupones y las siguientes permanecerán latentes hasta formar flores y frutos caulinares, es decir, crecen en el tallo (Arcila *et al.*, 2007).

Al igual que en el tallo, en las ramas se desarrollan dos axilas foliares opuestas y en cada una de ellas de 4 a 5 yemas (yemas laterales) ordenadas en forma lineal, estas yemas son

de edad desuniforme y dan origen principalmente a flores. De cada yema floral se forman entre 4 a 6 flores, las cuales llevan por nombre inflorescencia o glomérulo, ahora bien, cuando no existen condiciones ambientales favorables para que las yemas formen flores, estas desarrollaran ramas secundarias o terciarias (Arcila *et al.*,2007).

Respecto a las hojas, estas se forman a partir de las yemas apicales; en la *Coffea arabica* las hojas son elípticas, levemente coriáceas (aspecto y tacto semejante al cuero), con lámina y márgenes un tanto onduladas, de color verde claro cuando están jóvenes y verde oscuro cuando la planta es adulta, duran en promedio 350 días. La formación de hojas ocurre durante todo el año, sin embargo, en épocas de mayor radiación y buena disponibilidad de agua en el suelo existe más formación de hojas (Arcila *et al.*,2007).

El preámbulo de la fase reproductiva del café es la aparición y formación de las flores, el cual inicia 4 o 5 meses antes de la apertura floral (Camayo *et al.*, 2003), se considera que hay floración cuando al menos el 50% de las plantas haya presentado alguna flor, este proceso inicia en el desarrollo de las inflorescencias en las axilas foliares (3 a 4 inflorescencias) y continua con el desarrollo de las flores (4 a 5 flores por inflorescencias) en las inflorescencias (Arcila *et al.*,2007).

La inflorescencia o glomérulo está compuesta por un pedúnculo, el cual contiene varios nudos donde se insertarán dos hojas pequeñas y opuestas (brácteas) y en cada axila foliar se producen entre 3 a 5 botones florales, este proceso tiene una duración aproximada de 12 semanas, lo cual depende en gran medida de las condiciones climáticas. De la inflorescencia al desarrollo de la flor ocurren cinco etapas, las cuales se nombran a continuación en orden cronológico, inducción floral e iniciación de la inflorescencia, desarrollo de botones florales (botones del tamaño de un comino), reposo (latencia botones), preantesis y antesis o florescencia (apertura de la flor) (Arcila *et al.*,2007).

Una vez se haya dado la apertura floral está dura en la planta aproximadamente 3 días, sin embargo, para este momento la flor tiene un porcentaje de autofecundación del 90% (Arcila *et al.*,2007). Las flores de café se caracterizan por tener dos estructuras estériles (el cáliz y la corola) y dos estructuras fértiles que son los carpelos (ovario, estilo y estigma) y los estambres similares a las flores completas y perfectas (Arcila, 2004).

La fase reproductiva continua con el desarrollo y maduración del fruto, el tiempo de desarrollo (en promedio, 230 días) está asociado a las condiciones climáticas a la que este expuesta la planta. Durante su desarrollo el fruto atraviesa cinco estados, en la primera etapa (0 - 50 días) hay muy poco crecimiento y el fruto tiene tamaño de fosforo, en la segunda se presenta un crecimiento rápido, adquiriendo el tamaño final (50 – 120 días), en la etapa tres la semilla completa su desarrollo por lo cual hay ganancia de peso (120 – 180 días), posteriormente el fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado e inicia su maduración (180 – 224, días) y finalmente (+224 días) el fruto se sobremadura, es decir, se torna violeta - oscuro y al final se seca (Arcila *et al.*,2007).

La semilla del café es una nuez oblonga, con plano convexa, con un tamaño variable, 18mm de largo y 6,5 – 9,5 mm de ancho, constituida en gran parte por un endospermo córneo

donde se encuentra el embrión de 3,5 a 4,5 mm de largo, esta semilla se está cubierta por una envoltura cartilaginosa (endocarpio o pergamino del fruto) de color blanco amarillento de 100 micrómetros de espesor (Dedecca, 1957).

1.2. VARIEDADES

1.2.1. *Variedad Castillo*. La variedad Castillo es un cruce obtenido de la variedad Caturra (progenitor femenino) y el Híbrido Timor (progenitor masculino), esta variedad presenta resistencia a la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y probable (50%) resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD), sin embargo, es susceptible a plagas como el minador de la hoja y la broca (Alvarado *et al.*, 2005).

Es una planta de porte bajo, superando en algunas ocasiones los 2m de altura; los entrenudos del eje principal son cortos y su tallo posee una forma cilíndrica; las ramas forman un ángulo de 66° y sus entrenudos cortos dan una buena capacidad productiva (Cortina *et al.*, 2012). Las hojas nuevas son de color bronceado o carmelita y en algunas ocasiones de color verde claro, finalmente cuando maduran se tornan verde intenso y grandes; sus granos son grandes, superior a 80% de café supremo, y con excelente calidad en taza (Cenicafé, 2011), la cual presenta un cuerpo y amargor suave, aroma y acidez pronunciadas para grados medios de tostión, siempre y cuando se haga un proceso óptimo de manejo en el beneficio y en la preparación de la bebida (Alvarado *et al.*, 2005).

Así mismo, el proceso de mejoramiento permitió que de la variedad Castillo se conformaran las variedades regionales, las cuales se usan en el área de influencia cercana al lugar de selección. En el departamento del Cauca se obtuvo la variedad Castillo® EL Tambo (Alvarado *et al.*, 2005). La variedad regional presenta resistencia completa a la roya del café, dos periodos de cosecha, donde la principal es en el primer semestre del año (abril a junio) y una segunda o mitaca en el segundo semestre (noviembre a enero); siendo la primera cosecha la responsable del 70 al 85% de la producción anual para la zona del Cauca (Posada *et al.*, 2006).

La densidad de siembra depende en gran medida del sistema productivo que se esté manejando, por lo cual el rango se establece entre 5000 a 7000 plantas/ha, así como los planes de fertilización y las características de cada lote (Alvarado *et al.*, 2005).

1.2.2. *Variedad Tabí*. En lengua namuy wam, nam trik, mogüez o guambiano significa “bueno”. Se desarrolla en los años 70 en Colombia, por cruzamiento entre plantas del híbrido Timor, una población tetraploide, usada como progenitor resistente a la roya, y plantas de las variedades Típica y Borbón. Es una variedad resistente a la roya del café (*Hemileia vastatrix*) (Moreno, 2002).

Es una planta de porte alto llegando alcanzar a los 24 meses de edad una altura entre los 2,0 a 2,4 m y entre 1,9 a 2,1 m de ancho, lo cual depende de las condiciones ambientales donde se encuentre. Su tallo es cilíndrico y sus ramas se forman en ángulo de 70 a 80° alcanzando hasta 1 m de largo, con baja cantidad de hojas en ramas productivas. Sus

brotos son de color verde y bronce, tornándose verde intenso en su etapa adulta, sus frutos son color rojo y grandes, superior a 80% de café supremo, y con excelente calidad en taza (Cortina *et al.*, 2013).

La densidad de siembra depende en gran medida del sistema productivo que se esté manejando, por lo cual el rango se establece entre 3000 a 4000 plantas/ha, así como los planes de fertilización y las características de cada lote (Moreno, 2002).

1.3. MANEJO AGRONÓMICO

Agenda cafetera. Con el ánimo de ejecutar las diferentes prácticas agronómicas del cultivo de café en los momentos oportunos se hará uso de un aplicativo móvil denominado agenda cafetera, que servirá para hacer la planeación de todas actividades correspondientes a la planta de café. Este es un aplicativo móvil que se ha convertido en una solución tecnológica la cual permite a los caficultores digitalizar toda la información de la finca, permitiendo llevar un control total de todo el ciclo reproductivo desde la floración hasta la cosecha, haciendo uso de las mejores prácticas agronómicas. El aplicativo cuenta con asistencia técnica virtual 24/7 de personas expertas, es decir, las 24 horas del día 7 días a la semana. Ofrece un cronograma completo de actividades, en cuanto a fechas de fertilización, riego, manejo de arvenses, monitoreo de roya y broca y un pronóstico de la cosecha, permitiendo así, un correcto manejo de estas actividades (Buxtar, 2019).

1.4. RENOVACIÓN DE CAFETALES

Las prácticas de renovación de cafetales son consideradas una de las actividades más esenciales dentro de los factores de manejo del cultivo, estas prácticas influyen en la producción y en la rentabilidad del cafetal. Independientemente del porte, de la variedad o de la densidad de siembra, la producción del café se declina año tras año, ya sea por competencia por luz, nutrientes o por el simple envejecimiento de la planta, dado esto, es necesario modificar los hábitos de crecimiento de la planta, con el ánimo de estimular la formación de nuevos tejidos, y de ese modo mantener los niveles de producción (Ramírez y Moreno, 2013).

Según Ramírez y Moreno, (2013) para el cultivo de café existen básicamente dos tipos de renovación, uno de ellos es la renovación por poda, la cual consiste en cortar todo el tejido del cultivo, ya sea solo las ramas o ramas y tallo, este tipo de renovación se hace cuando se desea estabilizar la producción en la finca. La poda tiene como objetivo mantener o recuperar la falta de crecimiento de los cafetos, estimular las estructuras reproductivas, aumentado áreas productivas, reducir la altura de las plantas (facilitar el manejo) y reequilibrar la parte aérea de la planta (Matiello *et al.*, 2007). El otro tipo de renovación es por siembra, en el cual se siembran plantas jóvenes provenientes de almácigos, generalmente es utilizada cuando se desea cambiar de variedad o arreglo espacial.

Una de las particularidades de la planta del café es que en la zona donde ya hubo producción no se vuelve a dar, en consecuencia, cada año la producción se desplaza hacia

los puntos de crecimiento hasta llegar al punto en que la competencia entre ella misma y con las otras plantas no permiten la formación de tejido nuevo para la producción, lo cual desencadena en la disminución de la producción y por ende en la rentabilidad de este (Ramírez y Moreno, 2013).

En la medida en que el cultivo envejece, la producción se va desplazando hacia afuera y hacia arriba de la planta, por eso la renovación depende de cuatro factores: la variedad (aquellas de porte bajo empiezan a reducir su producción un año antes de la quinta o sexta cosecha, por su parte las variedades de porte alto lo hacen un año antes de la cuarta cosecha), las condiciones climáticas de la zona (a mayor altitud más lento se hace el crecimiento de la planta, alargando la edad de renovación), el sistema de producción (sistemas con sombríos presentan tasas de crecimiento más lento que aquellos a libre exposición solar) y la densidad de siembra (Ramírez y Moreno, 2013). A continuación, se mencionan las prácticas de renovación utilizadas:

1.4.1. *Poda Pulmón o bandola.* En esta poda se corta el tallo principal a una altura de 60 cm del suelo, dejando las ramas por debajo del corte o haciendo una poda parcial a unos 20 y 40 cm. Los nuevos rebrotes que se forman deben ser seleccionados para dejar uno o dos chupones por sitio dependiendo de la decisión del productor (FNC-Cenicafé, 2016). El objetivo de dejar las ramas es favorecer de manera más rápida la emisión de brotes nuevos y no dejar en cero la producción del lote (Ramírez y Moreno, 2013).

1.4.2. *Esqueletamiento.* Esta poda consiste en el corte de las ramas del árbol entre 20 y 40 cm de longitud del tallo. Con poda del tallo entre 1,60 y 1,80 m, y eliminación de los chupones. Esta poda estimula la formación de ramas secundarias y la pronta recuperación de los nudos productivos. Este tipo de poda se recomienda como alternativa para estimular la producción cuando la mayoría de los lotes del predio se han envejecido (FNC-Cenicafé, 2016).

1.4.3. *Descope.* Consiste en suspender el crecimiento del tallo principal, cuando las plantas alcanzan una altura entre 1,60 y 180 m, y se eliminan los chupones que se forman a esa altura. En cafetales se hace especialmente en variedades de porte alto como la variedad Tabí, esta práctica se hace con el objetivo de aprovechar las ramas que quedan en el tallo y que aun presentan capacidad productiva (FNC- Cenicafé, 2016).

1.4.4. *Poda producción (descope más selección).* Consiste en suspender el crecimiento del tallo principal y las ramas laterales que se encuentran con nulo o poco crecimiento, es decir, se eliminarán aquellas ramas que se encuentren necróticas, aquellas que presenten problemas sanitarios o en su defecto las menos vigorosas, entendiendo como vigor aquellas con buen sistema foliar y gran número de nudos o frutos dependiendo de su fructificación bienal. Se eliminan el 25% de las ramas a consideración de productor por cada cafeto. En variedades de porte alto el corte se realiza a una altura entre 1,60 y 1,80 m y en variedades de porte bajo a 1,60 m. Posteriormente se eliminan los chupones que se forman sobre el tallo principal y se dejan los nuevos brotes laterales.

1.5. ANTECEDENTES EN EL USO DE PODAS EN CAFÉ

Existen diferentes estudios en algunos países con relación al uso de las podas en el cultivo de café que resaltan la importancia de ampliar las investigaciones en Colombia en las diferentes regiones cafeteras, con el fin de maximizar los promedios productivos por ciclo. Según Ramírez y Moreno (2013), independientemente del sistema de establecimiento existe un número de cosechas con las cuales se consigue el máximo de producción anual; para ello el cultivo requiere de cierto número de renovaciones con el fin de mantener un promedio de producción elevado y rentable por unidad de superficie.

En Costa Rica, se realizó una investigación con variedad Catuaí, con distancias de siembra de 1,9 m entre surco y 0,9 m entre planta, manejado a plena exposición solar. Los tratamientos evaluados fueron poda selectiva, ciclo de podas por hilera a 3 años alterno, combina poda alta y poda baja y ciclos de podas por hileras a 5 años, cada sistema de poda se inició 3, 4 y 5 años después de la siembra (Ramírez, 1994). Los resultados después de un ciclo de cultivo (7 periodos de cosecha) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para el análisis del efecto combinado de sistemas de podas, e inicio de estas. La mejor respuesta de los cafetos se observó con un manejo adecuado en las partes menos agotadas de las plantas, es decir en el tejido productivo (Ramírez, 1994).

En Santo Domingo, se evaluó una plantación de la variedad Catuaí, con un arreglo espacial de 1,7 m entre surco y 0,72 m entre planta. Los tratamientos evaluados fueron poda selectiva, podas por hileras a 5 años, y a 3 años alternos, poda por lote a 3, 4, 5 y 6 años. La poda se realizó en febrero de cada año y se practicaron 2 deshijes por año para mantener 2 ejes únicamente por sitio. La poda baja se realizó a 0,40 m del suelo y el alta a 1,20 m del suelo (Ramírez, 1996). La poda selectiva y la poda cíclica por hileras y por lotes a 5 años dieron los mejores resultados en cuanto a rendimiento productivo. La poda por lotes a 3 y 4 años tuvo una productividad media, la poda por hileras a 3 años alterno y la poda por lotes a 6 años arrojaron los resultados más bajos en cuanto a productividad (Ramírez, 1996).

Por otra parte, en Turrialba, (Costa Rica), se empleó la poda llamada “poda por eje”, en este tipo de poda se pueden plantar varios ejes por sitio y realizar la poda hasta dejar el número deseado de ejes. Para las condiciones de Costa Rica el número más común es de 2 ejes por planta y 2 plantas por sitio (un total de 4 ejes por sitio). La poda se puede manejar de acuerdo con variables como la edad del cultivo, el ciclo de podas a emplear, el retardo entre plantas de una misma plantación y el retardo entre ejes de una misma planta. La edad de cada eje se toma individualmente y las podas se comienzan a hacer escalonadamente después del sexto año del cafeto. Esto, año a año hasta que la totalidad del cultivar se renovó, y cuando se cumplieron los 10 años, se hizo la evaluación de la producción del cultivar para evaluar el efecto de las podas (Somarriba, 1997). La dinámica usada en este modelo de podas muestra una producción constante del cultivo, es decir, en ningún año después del inicio de la producción esta se detiene. Lo que sí es importante es llevar constantes registros en todos los aspectos del cultivo para saber cuándo está disminuyendo la productividad y qué camino tomar para no perder rentabilidad (Somarriba, 1997).

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Honduras realizó un estudio con diferentes tipos de podas en el municipio de Corquín. Las variedades seleccionadas fueron Catuaí y Caturra que son las más cultivadas por pequeños productores. Esto se realizó con el fin de evaluar la respuesta del cafeto y para ello, se seleccionaron 6 fincas de pequeños productores considerando que las fincas productoras de café en general presentan lotes de características diferentes. El establecimiento de las unidades de muestreo se llevó a cabo de forma particular en cada finca, con una unidad experimental de 400 plantas. Cada una de las plantas fue identificada por un número, en la que se realizó una estimación de cosecha 2010-2011 (Álvarez, 2012).

Se realizó una categorización de plantas basado en su potencial productivo y en el de tipo de poda, definiendo tres categorías, plantas altamente productivas (PAP), plantas poco productivas (PP) y plantas no productivas (PNP). El tipo de poda fue hecho según la categoría que se le dio a cada planta haciendo un análisis visual de la misma. Las podas empleadas fueron poda alta, descope, poda media, recepo y poda rebrotes (Álvarez, 2012).

En consecuencia, se determinó que cada nuevo crecimiento de una rama primaria es menor que el del año anterior, por lo que, las ramas son cada vez menos productivas. Una vez implementada las categorías de tipos de podas, se encontró que plantas con poda alta y descope presentan un mayor rendimiento a corto plazo por lo que se considera una alternativa viable, ya que ayuda a conservar mayor número de ramas y crecimiento de tejido nuevo, lo que fomenta la formación de nudos productivos que permitan incrementar la producción (Álvarez, 2012).

En la selva central del Perú, en el distrito de Villa Rica, se realizó una investigación con la variedad Caturra Roja, con un arreglo espacial 2,0 x 1,0 m. los tratamientos se concentraron en la respuesta del cafeto a tres distintas medidas de corte (0,3, 0,6, y 0,9 m) en plantaciones de 6, 8 y 10 años. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre las edades de plantación y la prueba de Duncan, permitió definir que la mejor respuesta en el número de brotes por planta correspondió a las plantas de seis años. Los resultados obtenidos se atribuyen a factores como juvenilidad de los tejidos, mayor cantidad de tejido fotosintético y mayores reservas de carbohidratos (Rafael, 2014).

En Colombia se han realizado diferentes investigaciones donde se compara la respuesta del café a diferentes prácticas de renovación y arreglos espaciales en siete estaciones experimentales de Cenicafé, entre ellas El Rosario (Antioquia), El Tambo (Cauca), Gigante (Huila), Líbano (Tolima), Naranjal (Caldas), Paraguaicito (Quindío) y Santa Bárbara (Cundinamarca). Para dichas investigaciones se utilizó el zoqueo a 30 cm como testigo de referencia, poda bandola, poda calavera común y poda calavera cortando las ramas a 10 cm del tallo y descopado a 1,8 m de altura. Los arreglos espaciales fueron 1,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,0 m y 1,5 x 1,5 m (Ramírez y Moreno, 2013).

Con relación al ciclo de producción en el arreglo espacial 1,0 x 1,0 m se observó que la poda bandola superó a la zoca común en las estaciones de El Rosario y Santa Bárbara, sin embargo, se observa que en la estación ubicada en el municipio de Sasaima (Santa

Bárbara) la respuesta de las dos podas calaveras fue similar a la zoca común, al igual que la poda calavera y la zoca en la estación El Rosario, no obstante, estas superaron a la poda calavera con descope en estación antes mencionada (Ramírez y Moreno, 2013).

En cuanto al arreglo espacial de 1,5 x 1,5 m se puede mencionar que en la estación Gigante no existen diferencias en los promedios de producción, pero si existen en El Naranjal donde la poda bandola supera a la zoca y la calavera, lo contrario ocurre en Paraguaicito donde las podas calavera superan a la bandola y la zoca. Es importante mencionar que en la estación ubicada en el municipio de Chinchiná Caldas la poda bandola mostro un dominio notorio hasta el final del ciclo de producción (Ramírez y Moreno, 2013).

En la estación experimental El Tambo (arreglo espacial 2,0 x 2,0 m) el promedio de producción de la zoca fue significativamente menor a las demás podas, contrario a lo que ocurrió en el Líbano donde esta supero a las podas calavera; estos resultados muestran que la influencia del ambiente es determinante en estas prácticas. Para la zona del Cauca, en especial para la estación de El Tambo se puede determinar que las prácticas de renovación excepto la zoca son una buena opción para aplicar en el cultivo (Ramírez y Moreno, 2013).

En otro trabajo de investigación realizado a partir de tres sistemas de renovación en la variedad Castillo con un arreglo espacial de 1,0 x 2,0 m y dos tallos por sitio, se logró determinar que las podas esqueletamiento y pulmón alcanzan una producción acumulada superior a la zoca durante los primeros tres años, sin embargo, en la zoca se obtiene dos cosechas adicionales, completando un ciclo de cuatro cosechas (Rendón, 2016).

En el municipio de Chinácota en el departamento de Norte de Santander se estudió las densidades y ciclos de renovación del café con cuatro densidades de siembra y cinco dosis de fertilización sobre la producción en un sistema agroforestal. Se demostró que para obtener la máxima producción promedio la planta de café no debe sobrepasar los seis y ocho años, después de este tiempo es necesario podar la planta con el fin de promover un nuevo tejido y fomentar la producción (Farfán y Gonzáles, 2020).

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en el departamento del Cauca, municipio de Cajibío, corregimiento La Venta en la finca Los Naranjos (Figura 1), la cual es propiedad de SUPRACAFÉ Colombia S.A. Cuenta con 37 lotes de café de diferentes variedades, dentro de las cuales se utilizarán dos unidades productivas correspondientes a Tabí y Castillo.

Figura 1. Ubicación del corregimiento La Venta en el municipio de Cajibío, Cauca – Colombia, sitio de investigación.



Fuente: Cardona, 2019 Tomado de Alcaldía municipal Cajibío.

2.2. SELECCIÓN UNIDADES PRODUCTIVAS

La unidad productiva Castillo, lote 3N (Figura 2), está ubicado a 2°35'10" latitud norte y 76°33'01" longitud oeste, a 1862 msnm, con precipitación promedio anual de 2040 mm, temperaturas promedio 17,8 °C y una humedad relativa de 76%. El lote 3N tiene un área de 0,71 hectáreas (ha), siendo el área de investigación de 1.675,8 m², con distancias de siembra entre surcos de 1,5 m y entre plantas de 1,33 m para un total de 3548 árboles en toda la unidad productiva. Esta variedad fue sembrada en abril del 2011 y hasta la fecha no

se ha realizado ninguna intervención de renovación.

Figura 2. Ubicación del experimento en la finca Los Naranjos, lote 3N – variedad Castillo



La unidad productiva Tabí, lote 37 (Figura 3), está ubicado a 2°35'10" latitud norte y 76°33'14" longitud oeste, a 1832 msnm, con precipitación promedio anual de 2040 mm, temperaturas promedio 17,8 °C y una humedad relativa de 76%. El lote 37 tiene un área de 1 ha, siendo el área de investigación de 2.091,6 m² con distancias de siembra entre surcos de 1,66 m y entre plantas de 1,5 m para un total de 4000 árboles en toda la unidad productiva. La última renovación realizada a esta variedad fue Bandola en enero del 2016.

Figura 3. Ubicación del experimento en la finca Los Naranjos, lote 37 – variedad Tabí.

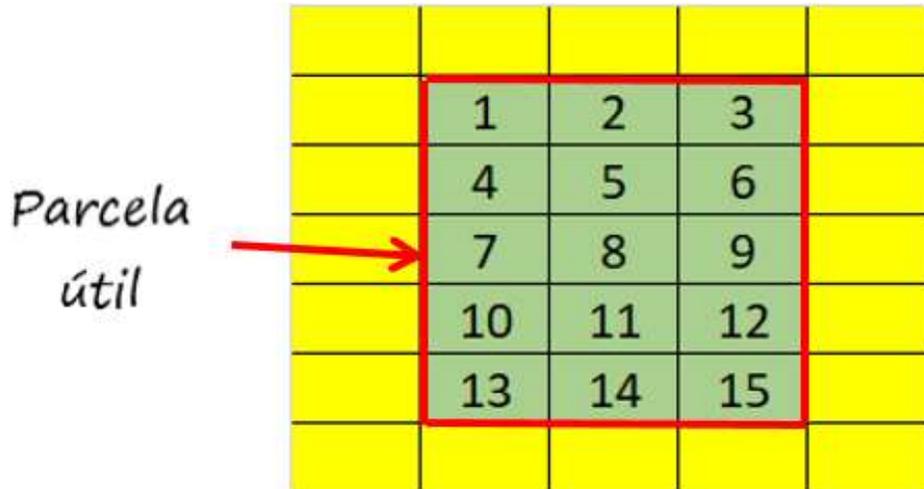


2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada parcela contiene 35 árboles de café y la parcela útil estuvo constituida por 15 árboles

efectivos (Figura 4), respetando bordes y cabeceras.

Figura 4. Descripción de la parcela útil en el Lote 37 – Variedad Tabí



Los tratamientos que se utilizaron en el proceso de investigación se describen a continuación:

Tratamiento 1 (T1): poda esqueletamiento (PE).

Tratamiento 2 (T2): testigo, poda pulmón (PP).

Tratamiento 3 (T3): descope (PD)

Tratamiento 4 (T4): poda producción (DS)

Tratamiento 5 (T5): PE y fertilización con agenda cafetera.

Tratamiento 6 (T6): PP y fertilización con agenda cafetera.

Tratamiento 7 (T7): PD y fertilización con agenda cafetera.

Tratamiento 8 (T8): DS y fertilización con agenda cafetera.

2.3.1. *Distribución de tratamientos en campo.* En los dos lotes tanto de variedad Tabí como de castillo, se realizó una división en 3 bloques de acuerdo con la pendiente del terreno (Figura 5), cada bloque correspondió a una repetición, bloque 1 (R1) - parte baja, bloque 2 (R2) - parte media y bloque 3 (R3) – parte alta con base en el nivel de fertilidad. A su vez cada bloque se dividió en 8 partes iguales con un área aproximada de 17,45m² para ubicar los tratamientos, los cuales se ubicaron de forma aleatoria dentro de cada bloque.

Figura 5. Distribución y aleatorización de los tratamientos en campo en el lote 37, variedad Tabí.



2.3.2. *Delimitación del perímetro experimental.* Para la aplicación de los tratamientos se delimito el perímetro total del lote de investigación, posteriormente se delimito y marcó cada parcela. Una vez definidas las parcelas de investigación se procedió a realizar la marcación en campo (Figura 6), haciéndolo mediante el apoyo de fichas instructivas (Anexo 1) que sirvieron para facilitar el recorrido y hacer más efectiva la labor de campo. Finalizado este proceso las podas se llevaron a cabo durante una semana

Figura 6. Proceso de marcación de unidades productivas en los lotes 3N y 37.



2.3.3. Aplicación de tratamientos. Los tratamientos se realizaron dos meses antes de floración. Para la variedad Tabí, la poda esqueletamiento (PE) consistió en el corte de ramas del árbol a 40 cm de longitud, con poda del tallo a 1,80 m, y eliminación de chupones (Figura 7).

Figura 7. Poda esqueletamiento (PE).



Fuente: Rendón, 2016. Avances técnicos Cenicafé

La poda pulmón (PP) por su parte consistió en cortar el tallo principal a 60 cm del suelo, dejando las ramas por debajo del corte o haciendo poda parcial de ellas a 40 cm (Figura 8).

Figura 8. Poda pulmón (PP).



Fuente: Rendón, 2016. Avances técnicos Cenicafé

La poda descope (PD) radicó en suspender el crecimiento del tallo principal a una altura de 1,80 m, eliminando los chupones que se formaron por encima de esa altura (Figura 9).

Figura 9. Poda descope (PD).



Fuente: Rendón, 2018. Guía, Mas agronomía. FNC – Cenicafé

La poda producción (DS) consistió en cortar el extremo superior de la planta, cuando estas tuvieran una altura de 1,80m, además de eliminar las ramas selectivamente, dicha selección se realizó por vigor de ramas, es decir dejando las mejores por planta (Figura 10).

Figura 10. Poda producción (DS) variedad Tabí.



Para la variedad Castillo la PE consistió en el corte de ramas del árbol a 40 cm de longitud, con poda del tallo a 1,60 m, y eliminación de chupones. La PP se manejó igual que en la variedad Tabí. La PD radicó en suspender el crecimiento del tallo principal, cuando las plantas tenían una altura de 1,60 m, eliminando los chupones que se forman a esa altura, finalmente la DS consistió en cortar el extremo superior planta a 1,60 m de altura, además de eliminar ramas selectivamente, dicha selección se realizó por vigor de ramas, es decir se dejando las mejores por planta.

Una vez realizadas las podas, se procedió a hacer una desinfección de toda la herramienta y los cortes que se dejaron en cada planta con el fin de evitar la posible presencia o propagación de enfermedades en las unidades productivas (Figura 11), para esto se utilizó una bomba de espalda de 20 litros (L), la cual estaba cargada con un fungicida – bactericida a base de yodo, a razón de 0,5 cm³/L.

Figura 11. Aplicación de los tratamientos en campo y proceso de desinfección de herramientas y plantas.



2.4. MANEJO AGRONÓMICO

2.4.1. *Control de arvenses.* Se realizó de forma mecánica y manual, en la zona cercana a las raíces se utilizó el plateo manual con el ánimo de evitar cualquier laceración a las raíces o tallos, y en el resto del lote se utilizó una guadaña, en este procedimiento se cortaron los arvenses a una altura de 3 a 5 cm sobre el suelo (Figura 12). Esta labor se realizó dos veces a lo largo de la investigación.

Figura 12. Control de arvenses en la variedad Castillo y Tabí.



2.4.2. *Control fitosanitario preventivo.* Díez días después de la aplicación de los tratamientos y posteriormente cada 30 días se realizó control fitosanitario preventivo durante seis meses. En el primer monitoreo fitosanitario se identificó la presencia de llaga negra (*Rosellinia spp*), para lo cual se realizó evaluación del % de incidencia, obteniendo un resultado del 1,5% en los dos lotes de investigación. Tres días después de haber realizado el monitoreo se hicieron aplicaciones de *Trichoderma harzianum*, a razón de 10g/L (Figura 13), según la recomendación de Castro *et al.*, 2012. Este control se repitió cinco veces hasta la recuperación de todas las plantas afectadas.

Figura 13. Presencia de llaga negra (*Rosellinia spp*) en la variedad Castillo.



La evaluación de broca (*Hypothenemus hampei*) se hizo a los 5, 6 y 9 meses de establecidos los tratamientos, se hicieron recorridos en X con el fin de cubrir toda el área evaluada (Figura 14), en cada parcela se tomaron 2 muestras y en cada árbol 3 muestras dividiendo la planta en 3 partes (alta, media, baja), donde se escogió una rama al azar en cada parte de la planta, en esta se contaron granos sanos y granos brocados para determinar el nivel de infestación (Montes *et al.*, 2012; Bustillo, 2007)

$$NIB = \frac{(Total\ de\ granos\ brocados\ en\ 30\ ramas)}{Total\ de\ granos\ en\ 30\ ramas} \times 100$$

Dónde:

NIB = el nivel de infestación por Broca.

Figura 14. Evaluación fitosanitaria en la variedad Castillo para determinar el porcentaje de infestación de broca.



2.4.3. *Fertilización de lotes.* La fertilización correspondió al manejo habitual que se lleva a cabo en la finca, tiempos y dosis, una se realizó 5 meses después de aplicados los tratamientos utilizando 100 g de 23-4-20-3(MgO)-2(S)/planta y las otras a los 3 y 8 meses de aplicados los tratamientos en la dosis antes mencionada.

2.4.4. *Manejo de chupones.* En cuanto al manejo de los chupones (Figura 15), se dejó dos ejes por planta como se estipula en los manejos que se realizan habitualmente en la finca. Los ejes que permanecieron desarrollaron en dirección a los surcos, es decir, aquellos que su dirección de crecimiento no afectó los caminos y por lo tanto no dificultó las labores agronómicas del mismo. Este proceso se llevó a cabo 2 meses después de aplicados los tratamientos y luego cada 60 días.

Figura 15. Manejo de chupones variedad Castillo, tratamiento PD.



2.5. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

2.5.1. *Conteo de flores.* Este proceso se realizó dos meses después de aplicados los tratamientos, se hicieron muestreos aleatorios donde se tomaron 3 árboles por parcela (Figura 16), en cada árbol se contó el número de flores por ramas productivas, donde una rama productiva fue aquella que tuviera un número mayor o igual a 5 flores, este proceso se realizó en tres ramas ubicadas en la parte alta, media y baja de cada planta, posteriormente se sacó el número promedio de flores por rama y ramas por árbol para tener un dato aproximado de cantidad de frutos esperados (Rendón *et al.*, 2008; Buxtar, 2019).

$$NF = \frac{\sum_{i=1}^{XXX} b_i}{XXX} \quad NR = \frac{\sum_{i=1}^{XXX} r_i}{XXX} \quad TF_j = NF \times NR \times NP$$

Donde:

b_j = número de botones en preantesis en la rama (i)

r_j = número de ramas con botones en preantesis en el árbol (i)

XXX = árboles muestreados

NF = promedio de botones florales en una evaluación

NR = promedio de ramas con botones florales en una evaluación NP = número de plantas sembradas en el lote

TF_j = total de flores en el lote en la evaluación

Figura 16. Floración en la variedad Castillo y Tabí.



2.5.2. *Porcentaje de cuajamiento.* Se realizaron muestreos aleatorios de 3 árboles por parcela. En cada planta se seleccionaron 3 ramas ubicadas en diferentes partes de la planta, (alta, media, baja), en cada una se contó el número total de frutos (fosforo) y el número total de ramas productivas y no productivas, (Figura 17). Con los datos recolectados se obtuvo el promedio de flores por rama y ramas por árbol con el fin de obtener un promedio general (Rendón *et al.*, 2008; Buxtar, 2019).

Figura 17. Conteo de frutos, variedad Tabí.



2.5.3. *Pronóstico de cosecha.* Se realizaron muestreos aleatorios de 3 árboles por parcela (Figura 18). En cada planta se seleccionaron 3 ramas ubicadas en diferentes partes de la planta (alta, media, baja), en cada una se contó el número total de frutos y el número total de ramas productivas y no productivas. Con los datos recolectados se calculó el promedio de frutos por rama y ramas por árbol con el fin de sacar un dato promedio general (Rendón *et al.*, 2008; Buxtar, 2019).

Figura 18. Pronóstico de cosecha.



2.5.4. *Estimación de costos de producción.* Se realizó un análisis de costos de manejo de cultivo teniendo en cuenta el tipo de poda con el fin de establecer el costo de cada una y cuanto favoreció o afectó la rentabilidad del cultivo, en estos costos se contempló tiempo de ejecución de cada poda, desinfección de herramientas y mano de obra utilizada.

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizó el programa SPSS Statistics 28, en donde se obtuvieron promedios, análisis de varianza (ANOVA) y prueba de rango múltiple Duncan con el fin de determinar diferencias estadísticas entre tratamientos y entre bloques.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La poda de los cafetales es una dinámica básica dentro de las prácticas de manejo del cultivo que deben ser consideradas y convenientemente planificadas. Realizar podas, reduce el efecto de la bianualidad de la producción, estabilizándola principalmente cuando se realizan oportuna y adecuadamente las demás labores de manejo como el control de arvenses, la regulación de sombra, el control fitosanitario y la fertilización (Palma, 2012).

De acuerdo con el contexto anterior se presentan los resultados y la discusión de la investigación.

3.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

En la finca Los Naranjos, los promedios para la variedad Tabí (Cuadro 1) permiten observar que el T4 presentó el mejor comportamiento para las variables evaluadas, conteo de flores y de cuajamiento; en el pronóstico de cosecha el mejor fue el T8. Por su parte, en la variedad Castillo se evidenció que el mejor comportamiento se presentó en el tratamiento T8; respecto a la evaluación fitosanitaria, el menor porcentaje de infestación por broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) se obtuvo en T1, T5 y T6, en el caso específico de la variedad Tabí fue el T2, logrando un porcentaje por debajo del umbral de daño económico.

Cuadro 1. Promedios de respuesta en las variables agronómicas para las variedades Tabí y Castillo.

Tratamiento	Tabí	Castillo	Tratamiento	Tabí	Castillo
Conteo de flores (%)			Pronóstico de cosecha (@.ha-1 de c.p.s.)		
1	2,1	2,1	1	21,5	27,7
2	0,1	0,2	2	0,9	5,8
3	8,0	3,4	3	38,6	62,0
4	12,3	8,2	4	134,4	30,9
5	0,4	1,2	5	7,1	26,2
6	0,0	0,2	6	2,7	6,5
7	5,5	3,7	7	69,1	149,2
8	5,1	14,3	8	143,4	204,1
Total	4,2	4,2	Total	74,9	96,6
Porcentaje de cuajamiento (%)			Evaluación sanitaria (%)		
1	1,7	4,5	1	1,5	0,0
2	0,3	1,4	2	0,0	1,6
3	7,9	2,4	3	1,4	4,1
4	10,3	5,0	4	3,3	2,6
5	1,1	2,1	5	1,2	0,0
6	0,2	1,3	6	1,6	0,0
7	5,1	6,2	7	1,5	1,6
8	6,6	10,5	8	1,5	1,4
Total	4,2	4,2	Total	1,5	1,4

Con el fin de determinar si las diferencias eran estadísticamente significativas se realizó el análisis de varianza (Cuadro 2), el cual permitió detectarlas para las dos variedades Tabí y Castillo, en las variables conteo de flores, de cuajamiento y pronóstico de cosecha; respecto a la evaluación fitosanitaria sólo se presentaron diferencias en la variedad Castillo.

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variedades Tabí y Castillo (P=0,05)

Conteo de flores (%)						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tabí						
Tratamiento	408,3	7	58,3	9,2	0,0	*
Bloque	5,0	2	2,5	0,4	0,7	
Error	89,2	14	6,4			
Total	502,6	23				
Castillo						
Tratamiento	489,1	7	69,9	5,3	0,0	*
Bloque	23,7	2	11,8	0,9	0,4	
Error	185,7	14	13,3			
Total	698,5	23				
Porcentaje de cuajamiento (%)						
Tabí						
Tratamiento	310,3	7	44,3	15,0	0,0	*
Bloque	0,4	2	0,2	0,1	0,9	
Error	41,4	14	3,0			
Total	352,1	23				
Castillo						
Tratamiento	205,8	7	29,4	3,7	0,0	*
Bloque	22,2	2	11,1	1,4	0,3	
Error	111,8	14	8,0			
Total	339,8	23				
Pronóstico de cosecha (@.ha-1 de c.p.s.)						
Tabí						
Tratamiento	70764,8	7	10109,3	3,5	0,0	*
Bloque	18121,6	2	9060,8	3,2	0,1	
Error	40105,6	14	2864,7			
Total	128992,0	23				
Castillo						
Tratamiento	113213,0	7	16173,3	3,2	0,0	*
Bloque	30336,5	2	15168,3	3,0	0,1	
Error	71163,4	14	5083,1			
Total	214712,9	23				
Evaluación fitosanitaria (%)						
Tabí						
Tratamiento	17,2	7	2,5	0,6	0,8	
Bloque	2,5	2	1,3	0,3	0,7	
Error	58,1	14	4,2			
Total	77,9	23				
Castillo						
Tratamiento	44,6	7	6,4	3,8	0,0	*
Bloque	2,6	2	1,3	0,8	0,5	
Error	23,2	14	1,7			
Total	70,4	23				

Con el fin de determinar cuáles tratamientos se diferenciaban se realizó la prueba de promedio de Duncan ($P=0,05$) para las variables

3.1.1. *Conteo de flores.* La floración es el comienzo de la parte reproductiva del cafeto, de su magnitud depende gran parte de la cosecha resultante, la cual se ve afectada por factores exógenos y endógenos particulares que determinan diferentes patrones de crecimiento y desarrollo, teniendo en cuenta la variedad y las condiciones ambientales predominantes (Camayo, et al., 2003). Aunque la floración del café es un proceso relacionado directamente con el rendimiento del cultivo, no existen estudios previos que determinen la estimación de producción de café mediante la evaluación de las floraciones (Rendón, et al., 2008).

En Colombia se han efectuado trabajos sobre el desarrollo floral del cafeto donde se ha identificado un período de latencia antes de la antesis que se ha asociado con los estados de desarrollo en nudos con yemas que sobrepasan a las estípulas y nudos con yemas y botones florales verdes, contextos relacionados directamente con las condiciones climáticas (Camayo, et al., 2003).

De acuerdo con la información registrada en el período evaluado se obtuvo un evento de floración en las dos unidades productivas (Cuadro 3), para Tabí, el mejor resultado se consiguió en T4 DS con 12.29%, indicando en una primera cosecha, mayor volumen vegetal, es decir, hubo aumento en la presencia de yemas seriadas que permitieron iniciar la etapa reproductiva del cafeto, para variedades de porte alto es un resultado significativo. Para la variedad Castillo el mejor resultado fue T8 DS más fertilización con agenda cafetera, con un total de 14.25%, presentando una equivalencia con el T4 en una primera cosecha y en variedad de porte bajo. En general, se pudo observar que las floraciones para las variedades siguen un patrón caracterizado por eventos de máxima floración.

Cuadro 3. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable Conteo de flores.

Conteo de Flores (%)					
Duncan ^a					
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Tabí					
6	3	0,04			
2	3	0,05			
5	3	0,35			
1	3	2,05			
8	3		5,08		
7	3		5,53		
3	3			7,95	
4	3				12,29
Castillo					
6	3	0,18			
2	3	0,23			
5	3	1,23			
1	3	2,10			
3	3		3,44		
7	3		3,68		
4	3			8,22	
8	3			14,25	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

3.1.2. *Porcentaje de cuajamiento.* Los niveles de cuajamiento pueden variar en cada cosecha, Cilas y Descroix, citados por Rendón, et al., (2008) relacionan el cuajamiento de frutos como la fuente de variación de la producción de café en años sucesivos. No todos los frutos pueden llegar a ser cosechados por diferentes factores genéticos, ambientales, patológicos o nutricionales que sufre el grano hasta la cosecha final, lo que hace que los porcentajes fluctúen.

En esta investigación se obtuvo cuajamiento del 10.30% (cuadro 4) en el T4 para Tabí, un resultado efectivo y totalmente aplicable en una primera cosecha, teniendo en cuenta los requerimientos exigidos en términos fisiológicos y reproductivos para la planta. Los tratamientos 7 y 8 presentan una consonancia y el T3 a pesar de que registra una preponderancia, indica una variabilidad con respecto al porcentaje de evaluación, conteo de flores (cuadro 3).

Cuadro 4. Prueba de promedios de Duncan ($P=0,05$) para la variable porcentaje de cuajamiento.

Porcentaje de Cuajamiento (%)				
Duncan ^a				
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tabí				
6	3	0,24		
2	3	0,34		
5	3	1,14		
1	3	1,70		
7	3		5,13	
8	3		6,60	
3	3		7,88	
4	3			10,30
Castillo				
6	3	1,33		
2	3	1,39		
5	3	2,06		
3	3	2,38		
1	3	4,53		
4	3	4,96		
7	3	6,17		
8	3		10,52	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Para la variedad Castillo, el T8 conserva la mejor condición ambiental con un 10.52% (cuadro 4) y es el único apto para una primera cosecha. Rendón, et al, 2008, recomienda utilizar rangos amplios de cuajamiento para fines de la estimación de la producción, niveles de cuajamiento entre 50 y 85%. Los niveles más bajos de cuajamiento se reportan en el T6, para las dos variedades, lo que sugiere que el tratamiento no representa retribución económica para el caficultor.

3.1.3. *Pronóstico de cosecha.* Las prácticas culturales tales como podas, abonamientos, control de plagas y enfermedades, etc., requieren el conocimiento del estado de las plantas con relación a la próxima cosecha y el pronóstico de ésta es de enorme utilidad orientando labores y el auxilio necesario cuando lo requieran para su buen funcionamiento en el futuro y durante sus períodos críticos: “siempre se ha tenido como norma que es mejor prevenir que curar” (Machado, 1955).

Una vez analizadas las variables de respuesta para la investigación se realizó una comparación entre las prácticas de renovación para las variedades Tabí y Castillo, las cuales presentan arreglos espaciales diferentes (Tabí 1,66 m x 1,55 m y Castillo 1,5 m x 1,33 m).

En las dos variedades el T8 expone jerarquía (cuadro 5) superando al testigo, poda pulmón y arrojando resultados para la variedad Tabí de 143.41 @ ha⁻¹ de c.p.s, en esta variedad por lote, el histórico es de 250 @ ha⁻¹ de c.p.s, lo que denota una aproximación al resultado óptimo del histórico, teniendo en cuenta que, esta investigación se evaluó con la principal floración y posterior cuajamiento.

Cuadro 5. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable Pronóstico de cosecha.

Pronóstico de Cosecha (@.ha-1 de c.p.s.)			
Duncan^a			
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tabí			
2	3	0,92	
6	3	2,72	
5	3	7,13	
1	3	21,54	
3	3	38,59	
7	3		69,05
4	3		134,36
8	3		143,41
Castillo			
2	3	5,75	
6	3	6,48	
1	3	23,74	
5	3	26,15	
4	3	30,89	
3	3	62,04	
7	3		149,17
8	3		204,11
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.			

Es de recalcar que mientras para la variedad Castillo el T8 reiteró mejores resultados en el conteo de flores y cuajamiento, para la variedad Tabí en esas variables fluctuó con el T4 y T8, cabe mencionar que debido al porcentaje de infestación que presentó el T4 (Cuadro 6) no se posicionó como el mejor tratamiento en esta variedad. Se registraron 204.11 y 143.41 @ ha⁻¹ de c.p.s. en la variedad Castillo, lo cual se atribuye al gran número de ramas que se estimularon para la producción de yemas seriadas. El T8 recuperó y normalizó la cosecha, indicando una mejora en la calidad del grano y facilitando su posterior recolección.

Esta investigación nos indica que los tratamientos 8 (DS y fertilización con agenda cafetera) y 4 (poda producción DS) en menor medida, cumplieron las expectativas de una producción anual, determinando una cosecha considerable y de buena calidad.

En la investigación realizada por Cenicafé en las siete estaciones experimentales entre ellas la de El Tambo, la mejor práctica de renovación la presentó la poda pulmón con rendimientos de 243 @. ha⁻¹ de c.p.s, (Ramírez *et al.*, 2013). Hasta la fecha no se reportan otras investigaciones que sirvan como objeto de comparación con la investigación realizada, los aportes científicos que se han realizado están enfocados en otras variedades y variables diferentes a las evaluadas.

3.1.4. *Evaluación fitosanitaria.* La infestación por *Hypothenemus hampei* Ferrari (broca) constituye uno de los mayores problemas orgánicos en la caficultura mundial, implica pérdidas importantes en los rendimientos por cosecha que van desde 5% hasta 24%, según la infestación que se presente (Andrade, 2017). Se analizaron los promedios y la variación por tratamiento, para la variedad Tabí la incidencia fue de 3.3% con el tratamiento 4 (Cuadro 6), este valor supera el 2% que ya afecta la calidad del café.

Cuadro 6. Prueba de promedios de Duncan (P=0,05) para la variable evaluación fitosanitaria.

Evaluación fitosanitaria (<i>Hypothenemus hampei</i>)				
Duncan ^a				
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tabí				
2	3	0,0		
5	3	1,2		
3	3	1,4		
7	3	1,5		
8	3	1,5		
1	3	1,5		
6	3	1,6		
4	3	3,3		
Castillo				
1	3	0,0		
5	3	0,0		
6	3	0,0		
8	3		1,4	
2	3		1,6	
7	3		1,6	
4	3			2,6
3	3			4,1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la variedad castillo el porcentaje de infestación es alto y se encuentra en el T3 con 4,1%, seguido del T4 con un 2,6%. Para las dos variedades la plaga no se considera limitante, pero se deben establecer estrategias de manejo, aunque no sobrepasan la alerta que lanzó la FNC, que reportó una afectación del 6,2% para el año 2020 (FNC, 2020). En los demás tratamientos tanto en Castillo como en Tabí, los niveles de infestación estuvieron por debajo del 2%.

El uso de controles culturales se realizó mediante la implementación de diferentes prácticas agronómicas preventivas como, por ejemplo, el manejo de arvenses que fue ejecutado de forma mecánica y manual, dos veces a lo largo de la investigación. La renovación de los cafetales con la implementación de podas evita la dispersión de la broca manteniendo árboles jóvenes y productivos, y a su vez corta los ciclos de la broca.

En cuanto a la floración, esta se alcanzó a los 60 días después de aplicadas las podas en todos los tratamientos, sin embargo, el mayor porcentaje de floración se obtuvo en los tratamientos 4 y 8 de las variedades Tabí y Castillo respectivamente. Para la variedad Tabí el porcentaje de floración fue de 12,29% (Cuadro 3) superando al testigo en 12,24%; en el caso específico de la variedad Castillo el porcentaje de floración fue de 14,25% (Cuadro 3) el cual está 14,02% por encima del testigo, es decir que, para las dos variedades la mejor poda a utilizar es la poda producción, recordemos que la floración es un proceso relacionado directamente con el rendimiento del cultivo (Rendón, et al., 2008), lo cual implica que a mayor floración mayor retribución económica para el productor.

3.1.5. *Estimación de costos de producción.* Debido a los tiempos de aplicación y manejo de las diferentes podas los costos más representativos se presentaron en los tratamientos 8 y 4, con un valor de \$420.000 mte (Cuadro 7), el cual incluye la mano de obra de ejecución y de la desinfección de la herramienta de trabajo, se debe tener en cuenta que, esta práctica involucra una selección detallada y minuciosa de los tejidos vegetales a eliminar, lo cual demanda aumento de tiempo por el mayor uso de horas; en promedio el tiempo utilizado por árbol es de 9 minutos para T8 y T4. Para los demás tratamientos los tiempos promedios fueron: T1 y T5, 5 minutos, T2 y T6, 3 minutos y T3 y T7, 1 ½ minuto.

Cuadro 7. Costos de operación por poda.

Descripción	Herramienta	Costo por hora \$	Número de horas trabajadas	Valor total \$
Poda esqueletamiento	Machete	3.750	56	210.000
Poda pulmón	Motosierra		24	180.000
Poda Descope	Machete		22	82.500
Poda producción	Tijeras y machete		112	420.000
			TOTAL	\$ 892.500

Los costos de producción del cultivo son muy importantes, estos se deben tener en cuenta en todo el proceso de producción del grano porque representan la eficiencia en la ejecución del plan de manejo, para este caso en específico se tiene en cuenta el costo por hectárea

año cafetero como se observa en el cuadro 8, se incluyen el manejo cultural y la mano de obra utilizada para la cosecha y se le suma el costo de la poda producción, es decir el productor tendría un incremento de \$ 420.000 mte por el uso específico de esta poda.

Cuadro 8. Costos de producción por hectárea en año cafetero.

Costos de producción hectareas por año cafetero	\$ 3.395.000
Poda producción	\$ 420.000
Total	\$ 3.815.000

Es importante mencionar que el promedio de producción por hectárea en el departamento del Cauca es de 101 arrobas (@) en procesos de producción tradicionales o convencionales (Cuadro 9), tomando este valor de referencia y con el fin de conocer la rentabilidad del cultivo cuando se realiza la poda producción, en esta investigación el promedio de producción por hectárea para la variedad Tabí fue de 204 @ y 143 @ para la variedad Castillo. El precio de referencia por arroba de café pergamino seco publicado por la Federación Nacional de Cafeteros para el 21 de abril del año en curso fue de \$203.363 mte (Federación de Cafeteros de Colombia, 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, la rentabilidad por hectárea supera el 100% para la variedad Tabí (Cuadro 9) y el 40% para la variedad Castillo aplicando la poda producción, es decir los costos de inversión se recuperan al final de la cosecha, lo que implica que el productor tendría una retribución económica al final de la cosecha, reflejado en la relación costo – beneficio.

Cuadro 9. Rentabilidad por hectárea.

		Variedad	Costo por ha	Precio	Rentabilidad
Produccion @/ha c.p.s (Convencional)	101		\$ 3.395.000	\$ 20.539.663	
Produccion @/ha c.p.s (Poda producción)	204	Tabí	\$ 4.235.000	\$ 41.486.052	101%
	143	Castillo		\$ 29.080.909	41.5%

4. CONCLUSIONES

El tratamiento T8, DS y fertilización con agenda cafetera, presento el mejor comportamiento agronómico en las dos variedades, estableciendo la opción más confiable a primera floración para ser implementada por los caficultores con el ánimo de aumentar la producción en sus cultivos.

Los tiempos de ejecución y manejo de los tratamientos T8 y T4, fueron los más representativos económicamente por la práctica de manejo utilizada, la cual se realizó de forma detallada y minuciosa en la selección del tejido vegetal, generando un costo mayor en mano de obra reflejado en la relación costo – beneficio, debido a la relación entre el aumento de los niveles de tecnificación en la selección de tejidos vegetales con la obtención de mayores rendimientos en el cultivo.

La investigación consiguió introducir a la práctica realizada a diferentes grupos de productores, los cuales manifestaron respuestas favorables a la poda producción implementada en la investigación, teniendo como punto de comparación las podas tradicionales.

A pesar del incremento de los costos asociados al uso de las diferentes podas, es importante resaltar que las plantas manejadas bajo estos sistemas presentaron resultados favorables en el pronóstico de cosecha, lo que permite proyectar un mayor ciclo de vida de la planta con mejores rendimientos. Sumado a esto, el uso de la poda producción en esta investigación demostró eficiencia y se postula como una de las mejores opciones a utilizar por el productor.

Este tipo de investigaciones llevan respuestas asertivas a los productores, lo cual implica un aumento en la producción de sus cultivos, por ende, un incremento en los ingresos de las familias disminuyendo los niveles de pobreza de las zonas cafeteras.

5. RECOMENDACIONES

Continuar con la evaluación de las podas y los tiempos de aplicación con el fin de determinar cual tiene el mejor comportamiento en todo el ciclo del cultivo.

Disminuir el ataque de plagas y enfermedades que afectan drásticamente el cultivo mediante la prevención, haciendo uso de microorganismos parasitoides (*Bacillus subtilis*, *Thichoderma harzianum*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*).

Para mejorar los rendimientos en el cultivo se sugiere dosificar el fertilizante en dos etapas, es decir a los 3 y 8 meses después de aplicadas las podas de renovación.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO G.; POSADA H.; CORTINA H. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. Chinchiná: Cenicafé. 2005. Avances técnicos Cenicafé: 337.

ÁLVAREZ, G. Herramientas para orientar estrategias de poda de café de pequeños productores en Corquín, Copan, Honduras. 2012. (Tesis de Maestría) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.

ARCILA P., J. Anormalidades en la floración del cafeto. Chinchiná: Cenicafé. 2004. Avances técnicos Cenicafé: 320.

ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.; SALAZAR G., L.; HINCAPIÉ G. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná: Cenicafé. 2007. 309 p. ISBN 978 958 98193 0 2.

BUSTILLO P., A., E. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. 2007. Chinchiná: Cenicafé.

BUXTAR. Coffee Agenda. 2019. [en línea]. [Popayán, Cauca]. Disponible en Internet: <http://buxtar.co/agenda-cafetera/>

CASTRO T., A., M.; RIVILLAS O., C., A. *Trichoderma spp.* Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. 2012. Boletín Técnico Cenicafé 38. ISSN 0120-047 X

CAMAYO V., G.; CHAVES C., B.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná - Caldas. Chinchiná: Cenicafé. 2003. 54(1):35-49.

CARDONA., F., H. Apoyo al proceso de formulación, y desarrollo de los programas de enfoque territorial (PDET) en el municipio de Cajibío, Cauca. Bogotá D. C. 2019. [en línea]. Disponible en línea: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15405/CardonaArciniegasFabianHumberto2018.pdf;jsessionid=0192FB10C6B9A07FBD8874CA99C6D734?sequence=1>

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFÉ). Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. 2013. Tomo I. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 129.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFÉ). Cultivemos café. [en línea]. [Chinchiná, Manizales (Caldas)]. Sep. 2011. [Citado 13 Nov, 2019]. Disponible en Internet: https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/planta/la_variedad_castillo.

CORTINA G., H.; MONCADA B., M.; HERRERA P., J. Variedad Castillo®:

Preguntas frecuentes. Manizales: Cenicafé. 2012. Avances técnicos Cenicafé: 326. ISBN – 0120 – 0178.

CORTINA G, H.; ACUÑA Z J.; MONCADA B., M.; HERRERA P., J.; MOLINA V D. Variedades de café, desarrollo de variedades. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo I. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 169 – 202.

COMITÉ DE CAFETEROS DEL CAUCA (CCC). Nuestro café. [en línea]. 2018. [Citado 10 oct.2019]. Disponible en internet: https://cauca.federaciondefeteros.org/fnc/nuestro_cafe/category/118

COMITÉ DE CAFETEROS DEL CAUCA (CCC). Informe de gestión 2020. [en línea]. 2020. Disponible en internet: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/<https://cauca.federaciondefeteros.org/app/uploads/sites/2/2021/04/INFORME-DE-GESTI%C3%93N-con-enlaces.pdf>

DEDECCA D., M. (1957). Anatomía y desenvolvimiento ontogenético de *Coffea arabica* L. Var. *Typica* Cramer. 1957. ISSN 0006-8705. Disponible en Internet: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051957000100023&lng=pt&tlng=pt.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA (DANE). 3er Censo Nacional Agropecuario; hay campo para todos. La mayor operación estadística del campo colombiano en los últimos 45 años. Tomo 2, resultados. 2016. ISBN Tomo 2: 978-958-624-110-6

Farfán-Valencia, F., & González, G. F. (2020). Densidades y ciclos de renovación del café en un sistema agroforestal en el departamento de Norte de Santander. *Revista Cenicafé*, 71(2), 66–72. <https://doi.org/10.38141/10778/71205>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC-Cenicafé. Guía: Mas agronomía más productividad. 2016. ISBN – 978-958-8490-18-2.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FNC). Noticias. [en línea]. [Bogotá, Colombia]. 2020. Disponible en Internet: <https://federaciondefeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FNC). Noticias. [en línea]. [Bogotá, Colombia]. 2020. Disponible en Internet: <https://federaciondefeteros.org/wp/listado-noticias/duplicado-cafe-de-colombia-honra-a-personal-medico-de-cuidados-intensivos-en-clinicas-y-hospitales-10321/>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS, FNC. Repositorio digital del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Manual del cafetero colombiano. Bogotá. La Federación, 1958.

571 p. Obtenido de Repositorio digital – Cenicafé:
<http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/831>

FLÓREZ R, C.; IBARRA R, L.; GÓMEZ G, L.; CARMONA G, C.; MARÍN C, A.; ORTIZ A. Estructura y funcionamiento de la planta de café. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 140.

GAITÁN B, A.; RIVILLAS O, C.; SALAZAR G, L. Manejo integrado de almácigos. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 14 – 21.

HERRERA P., J.; CORTINA G., H. Taxonomía y clasificación del café. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo I. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 117 – 121.

MATIELLO J., B.; GARCIA A., W.; ALMEIDA S., R. Revista Brasileira De Tecnologia Cafeeira Coffea. A poda em cafezais. 2007. p. 44 ISSN 1807-8192

Machado S., A. (1955). Pronóstico de las Cosechas del Cafeto. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 16(47), 67–93. Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29835>

Ministerio de Agricultura de Colombia. Cosecha Cafetera de Colombia. 2020. En línea: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Cosecha-cafetera-2020.aspx#:~:text=La%20caficultura%20re>

MONTES R., C.; ARMANDO P., O.; CADENA R., A. Infestación e incidencia de Broca, Roya y Mancha de Hierro en el cultivo de café del departamento del Cauca. 2012. Vol. 10 No. 1.

MORENO R, G. Tabí: Variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. Chinchiná: Cenicafé. 2002. Avances técnicos Cenicafé: 300.

POSADA S., H.; ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.; SOLARTE C.; DUQUE O., H.; BALDIÓN R., J.; GUZMÁN M., O. La variedad castillo® EL TAMBO: para regiones cafeteras de Cauca, Nariño, Huila, Tolima y Valle del Cauca. Chinchiná: Cenicafé. 2006. Avances técnicos Cenicafé: 344.

RAFAEL, R. Poda de renovación como práctica cultural para la producción sostenible de *Coffea arabica* L. en la selva central del Perú. 2014. (Tesis de Doctorado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

RAMÍREZ B., V.; MORENO B., A. Renovación de cafetales. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 307 – 318.

- RAMÍREZ, J. Sistemas y edades de inicio de la poda de cafetos (*Coffea arabica*) cv. Catuaí. 1994. *Agronomía Costarricense*, 18(1), 61-65
- RAMÍREZ B., H.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; RENDON J; CUESTA G., G.; MENZA F., H.; MEJÍA M., C.; MONTOYA D.; MEJÍA M, J.; TORRES N., J; SÁNCHEZ A., P.; BAUTE B., J.; PEÑA Q., A. Floración del café en Colombia y su relación con disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. *Cenicafé* 61 (2):132-158. 2010.
- RAMÍREZ, J. Estudio de sistemas de poda de café por hileras y por lotes. *Agronomía Costarricense*. Costa Rica.1996. 20(2), 167-172.
- RENDÓN, J., R. Sistemas de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción. Manizales: Cenicafé. 2016. Avances técnicos Cenicafé: 463.
- RENDÓN S., J., R.; ARCILA P., J.; MONTOYA R., E., C. Estimación de la producción de café con base en los registros de floración. Cenicafé. 2008.
- RENDÓN, J., R. Densidades, Edades y Renovación. Guía, Mas agronomía. FNC - Cenicafé. 2018. ISBN 978 – 958 – 8490 – 18 -2.
- RIVILLAS O., C.; GAITÁN B., A. Germinadores de café. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 8 – 13.
- SADEGHIAN K., S. Nutrición del café en la etapa de almacigo. En: Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. FNC-Cenicafé. Legis. 2013. p. 22 – 26.
- SOMARRIBA, E. Modelaje de varios sistemas de poda de café: efectos sobre el patrón de producción. Simposio Latinoamericano de Caficultura. Simposio llevado a cabo en San José, Costa Rica. 1997.

7. ANEXOS

Anexo A. Instructivo renovación poda esqueletamiento (T1 – T5).

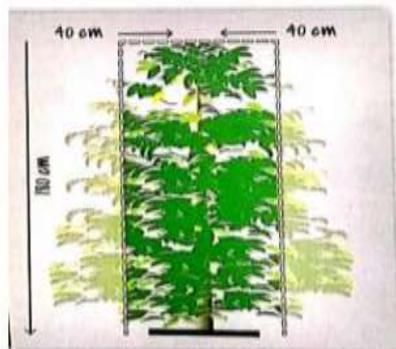


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD TABI

PODA ESQUELETAMIENTO (T1-T5)



"Consiste en el despunte o corte de **ramas** del árbol entre 20 y **40 cm** de longitud, con poda del **tallo** entre 1,60 y **1,80 m**, y eliminación de chupones.

Esta poda estimula la formación de ramas secundarias."

Distribución espacial:

T6	T7	T4	T1	T3	T8	T2	T5
T8	T6	T5	T3	T1	T2	T4	T7
T3	T8	T4	T1	T2	T6	T5	T7

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo B. Instructivo renovación poda pulmón, variedad Tabí (T2 – T6).

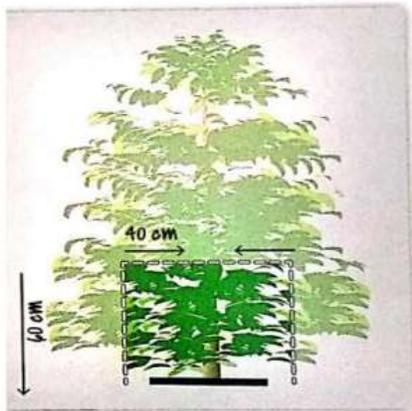


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD TABI

PODA PULMON (T2-T6)



"Consiste en cortar el tallo principal a 60 cm del suelo, dejando las ramas por debajo del corte o haciendo poda parcial de ellas, entre 20 y 40 cm."

Distribución espacial:

T6	T7	T4	T1	T3	T8	T2	T5
T8	T6	T5	T3	T1	T2	T4	T7
T3	T8	T4	T1	T2	T6	T5	T7

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo C. Instructivo renovación poda descope, variedad Tabí (T3 – T7).



Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD TABÍ

PODA DESCOPE (T3-T7)



“Se realiza generalmente en plantas de porte alto. Consiste en suspender el crecimiento del tallo principal, cuando las plantas alcanzan una altura de 1,60 – 1,80 m, eliminando los chupones que se forman a esa altura.”

Distribución espacial:

T6	T7	T4	T1	T3	T8	T2	T5
T8	T6	T5	T3	T1	T2	T4	T7
T3	T8	T4	T1	T2	T6	T5	T7

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo D. Instructivo renovación poda producción, variedad Tabí (T4 – T8).

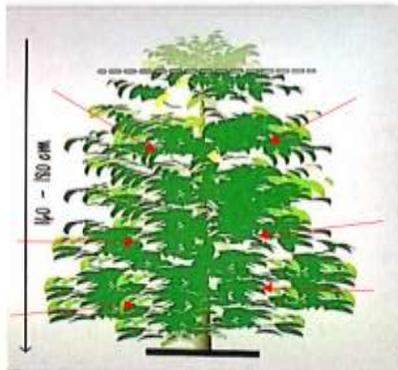


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD TABI

PODA DESCOPE+PODA SELECTIVA DE RAMAS (T4-T8)



“Consiste en cortar el extremo superior de la planta, cuando estas alcanzan una altura de 1,60 – 1,80 m, y eliminar ramas selectivamente, esta selección se realiza por vigor de ramas, es decir se dejan las mejores de la planta”.

Distribución espacial:

T6	T7	T4	T1	T3	T8	T2	T5
T8	T6	T5	T3	T1	T2	T4	T7
T3	T8	T4	T1	T2	T6	T5	T7

Imagen tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo E. Instructivo renovación poda esqueletamiento, variedad Castillo (T1 – T5).

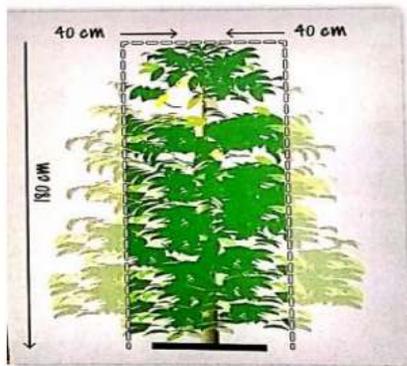


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD CASTILLO

PODA ESQUELETAMIENTO (T1-T5)



“Consiste en el despunte o corte de ramas del árbol entre 20 y 40 cm de longitud, con poda del tallo entre 1,60 y 1,80 m, y eliminación de chupones.

Esta poda estimula la formación de ramas secundarias.”

Distribución espacial:

T6	T2	T8	T1	T3	T7	T2	T5
T3	T7	T8	T6	T4	T1	T4	

T4	T1	T5
T6	T3	T8
T7	T2	T5

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo F. Instructivo renovación poda pulmón, variedad Castillo (T2 – T6).

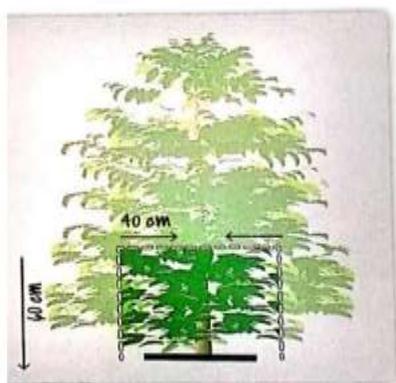


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD CASTILLO

PODA PULMON (T2-T6)



"Consiste en cortar el tallo principal a 60 cm del suelo, dejando las ramas por debajo del corte o haciendo poda parcial de ellas, entre 20 y 40 cm."

Distribución espacial:

T6	T2	T8	T1	T3	T7	T2	T5
T3	T7	T8	T6	T4	T1	T4	

T4	T1	T5
T6	T3	T8
T7	T2	T5

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Anexo G. Instructivo renovación poda descope, variedad Castillo (T3 – T7).



Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD CASTILLO

PODA DESCOPE (T3-T7)



“Se realiza generalmente en plantas de porte alto. Consiste en suspender el crecimiento del tallo principal, cuando las plantas alcanzan una altura de 1,60 – 1,80 m, eliminando los chupones que se forman a esa altura.”

Distribución espacial:

T6	T2	T8	T1	T3	T7	T2	T5
T3	T7	T8	T6	T4	T1	T4	

T4	T1	T5
T6	T3	T8
T7	T2	T5

Imagen y texto tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación

Anexo H. Instructivo renovación poda producción, variedad Castillo (T4 – T8).

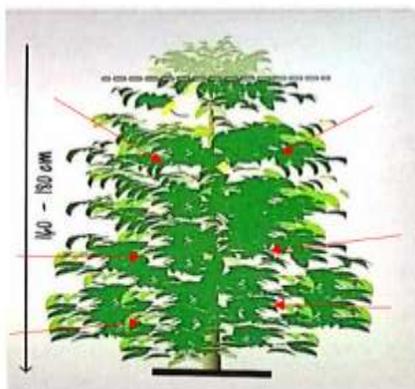


Universidad del Cauca – TECNICAFÉ
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Programa de Ingeniería Agropecuaria
 Fichas instructivas de Renovación en Cafetales



VARIEDAD CASTILLO

PODA DESCOPE+PODA SELECTIVA DE RAMAS (T4-T8)



"Consiste en cortar el extremo superior de la planta, cuando estas alcanzan una altura de 1,60 – 1,80 m, y eliminar ramas selectivamente, esta selección se realiza por vigor de ramas, es decir se dejan las mejores de la planta".

Distribución espacial:

T6	T2	T8	T1	T3	T7	T2	T5
T3	T7	T8	T6	T4	T1	T4	

T4	T1	T5
T6	T3	T8
T7	T2	T5

Imagen tomado de: guía más agronomía más productividad, 2016, CENICAFÉ. ISBN 978-958-8490-18-2.

Trabajo de investigación