

Evaluación de la calidad física del café Tabí producido bajo 3 porcentajes diferentes de sombrío en la Serranía del Perijá en el municipio de Manaure –Cesar.

Margareth Oliver Mejía

Asesor

Jorge Eduardo León Alonso

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa Agronomía

2025

Dedicatoria

Margareth Oliver Mejía, Gracias por honrar esta noble profesión, tan esencial y tan poco valorada en su verdadera magnitud, Por asumir con valentía la responsabilidad de sembrar vida y alimentar al mundo.

Este trabajo es para ti, por tu compromiso con la tierra y con el futuro agrícola.

Agradecimientos

A Dios, por ser mi guía, fortaleza y luz en cada etapa de este camino. A mis padres, Matilde Mejía y Fredy Oliver, y a mis abuelos, por inculcarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la humildad. A mi esposo, Jorge Galvis, por su apoyo incondicional y motivación constante; y a mis hijos, Anthonella y Fedor, quienes son mi fuente de inspiración y motor para alcanzar mis metas. A mi familia, suegros, amigos y docentes, por su respaldo y confianza, fundamentales en mi formación personal y profesional.

Resumen

El departamento del Cesar tiene condiciones climáticas variables, caracterizada por veranos prolongados, distribución irregular de lluvias y alto brillo solar. Estas condiciones lo hace un lugar potencial para la producción del café Tabí bajo (*Coffea arabica* L.) bajo sistemas agroforestales que favorecen con una excelente calidad. Sin embargo, en la zona no existe investigación sobre la incidencia de porcentaje de sombrío sobre la calidad física, que permita mejorar la producción y rentabilidad del cultivo. En contexto, la investigación esta direccionada a la calidad física en la producción de Café Tabí en un sistema agroforestal bajo las condiciones edafoclimáticas de bosques húmedos premontano (Bh-PM), a una altitud 1.500 metros sobre el nivel del mar en la Serranía del Perijá, municipio de Manaure Cesar. El ensayo se desarrollará en una unidad experimental de 200 m² mediante un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos de sombra (0%, 15%, 30%, y 45%) y tres réplicas, bajo la implementación de sistemas agroforestal con sombra de guamo (*Inga eudalis*.) para realizar el seguimiento y evaluación de las variables de producción y calidad física del grano de café . Este ensayo incluye un plan de fertilización basado en el análisis de suelo, manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades, incorporando elementos de innovación y emprendimientos orientados a la sostenibilidad del sistema productivo.

Palabras clave: Beneficio, calidad, especial, penumbra, rentabilidad

Abstract

The department of Cesar has variable climatic conditions, characterized by long summers, irregular rainfall distribution, and high sunlight. These conditions make it a potential location for the production of Tabí coffee (*Coffea arabica* L.) under agroforestry systems that favor excellent quality. However, there is no research in the area on the impact of shade percentage on physical quality, which would improve production and profitability of the crop. In context, the research is directed at the physical quality of Tabí coffee production in an agroforestry system under the soil and climate conditions of humid premontane forests (Bh-PM), at an altitude of 1,500 meters above sea level in the Serranía del Perijá, municipality of Manaure Cesar. The trial will be developed in an experimental unit of 200 m² using a randomized block design with four shade treatments (0%, 15%, 30%, and 45%) and three replications, under the implementation of agroforestry systems with guamo shade (*Inga eudalis*.) to monitor and evaluate the variables of production and physical quality of the coffee bean. This trial includes a fertilization plan based on soil analysis, integrated management of weeds, pests and diseases, incorporating elements of innovation and entrepreneurship aimed at the sustainability of the productive system.

Keywords: Benefit, quality, special, gloom, profitability

Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Marco Conceptual y Teórico	15
Generalidades del Café.....	16
Características del Café Tabí.....	17
Avance y Tecnología	17
Descripción de Variedades de Café.....	18
Porte Bajo	18
Castillo.....	18
Cenicafé 1	18
Caturra.....	19
Variedad Colombia	19
<i>Porte Alto</i>	20
Café Bajo Sistemas Agroforestales	22
Café Tabí	23
<i>Grano Café Tabí</i>	23
<i>Sabor</i>	23
<i>Cuerpo</i>	24
<i>Adaptabilidad</i>	24

<i>Resistencia</i>	24
<i>Producción</i>	24
Café Especial	25
Calidad.....	25
Cafés de Origen	26
Metodología	28
Tipo de investigación.....	28
Localización.....	28
Unidad de investigación	28
Fases del trabajo	29
<i>Fase I</i>	29
<i>Fase II</i>	30
<i>Fase III</i>	30
Diseño de investigación. (Población)	30
Muestra	32
Porcentaje de Sombrío.....	32
Procedimiento	33
Técnicas de análisis de datos	33
Resultados.....	36
Análisis estadísticos de los datos.....	36
<i>Café Cereza</i>	38
<i>Café Pergamino</i>	41
Producción y Rendimiento del Café Tabí.....	48

Características de Calidad Física del Café Tabí	48
Conclusiones	53
Bibliografía	54

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de Café Tabí.....	16
Tabla 2. Clasificación de los Cafés especiales en Colombia.....	27
Tabla 3. Variables a medir sobre la calidad física.	30
Tabla 4. Características de la unidad experimental	31
Tabla 5. Densidad de sombras en diferentes lotes experimentales	34
Tabla 6. Análisis de variable peso de cereza	38
Tabla 7. Resultados Test	39
Tabla 8. Análisis Variable peso pergamino	41
Tabla 9. Desarrollo de pruebas de comparación de medias.....	42
Tabla 10. Análisis de Almendra Sana.....	44
Tabla 11. Análisis variable factor de rendimiento	46
Tabla 12. Manejo agronómico café Tabí.....	51

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Identificación de los defectos del café</i>	26
Figura 2. Grafica de las distancias entre siembras	32
Figura 3. Ubicación de unidades experimental.....	35
Figura 4. Representación gráfica de Cereza	40
Figura 5. Representación Gráfica Pergamino	43
Figura 6. Representacion grafica de almendra sana	45

Introducción

El café es una bebida de consumo global, presente en diferentes países, con un consumo diario estimado de más de 3.000 millones de tazas. Se proyecta un crecimiento sostenido en los ingresos anuales del sector y en el número de consumidores, lo que ha incentivado a los productores e industrias a responder a la creciente demanda de cafés especiales.

Para que un café sea considerado especial, debe cumplir con condiciones rigurosas que inician desde la selección de la semilla hasta la cosecha en su punto óptimo de madurez. Las buenas prácticas agrícolas resultan fundamentales para preservar la calidad durante el beneficio, la productividad y las características sensoriales del grano. Su impacto ha trascendido a nivel mundial, siendo objeto de múltiples estudios que buscan mejorar su calidad genética y adaptabilidad a nuevas condiciones agroecológicas.

El objetivo principal que motivó a la investigación del proyecto es evaluar la incidencia del porcentaje de sombrero en la calidad física de la producción de café Tabí en un sistema agroforestal en la Serranía del Perijá en el municipio de Manaure Cesar,

El enfoque de la investigación es mixto, de tipo cuantitativo y cualitativo, fundamentado en el uso de técnicas estadísticas para analizar el comportamiento del cultivo en un diseño experimental de bloques completamente al azar. El estudio se estructuró en seis etapas: formulación del problema, diseño metodológico, recolección de datos, análisis, interpretación de resultados y disseminación del conocimiento.

Las actividades se realizaron teniendo en cuenta las prácticas tradicionales de los caficultores de la región, con un enfoque en la mejora del beneficio del café y en el incremento de los ingresos del productor.

Justificación

La presente investigación se orienta a evaluar la incidencia del porcentaje de sombrío sobre la calidad física del café Tabí en un sistema agroforestal, como una estrategia integral que promueve la renovación y tecnificación de cafetales mediante el uso de variedades resistentes a la roya. Este enfoque agroecológico responde a los principios de sostenibilidad económica, ambiental y social, y ofrece oportunidades reales de acceso a mercados diferenciados que valoran atributos físicos y sensoriales del grano, como los cafés especiales.

En el departamento del Cesar, existe una carencia significativa de información técnica sobre el comportamiento agronómico y comercial de la variedad Tabí, a pesar de su creciente demanda entre los exportadores nacionales. Esta situación limita la toma de decisiones por parte de los caficultores que realizan las labores de forma tradicional.

La generación de nuevo conocimiento a través de esta investigación permitirá identificar el nivel óptimo de sombrío que contribuya al desarrollo de un microclima favorable, y que a su vez incida positivamente en la calidad física del grano, adaptando las prácticas agrícolas a las condiciones edafoclimáticas locales. Asimismo, se busca fortalecer las capacidades técnicas de los productores mediante la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas, el uso eficiente de variedades mejoradas y un enfoque agroforestal sostenible que asegure el equilibrio entre productividad y conservación de los recursos naturales.

Para los caficultores de la región, los resultados de este estudio serán una herramienta de referencia útil para la toma de decisiones en campo, el mejoramiento de métodos y técnicas de producción, y la generación de valor agregado a partir de una producción diferenciada y de alta calidad. En este sentido, la investigación no solo contribuye al fortalecimiento técnico-

productivo del sector caficultor, sino que también abre oportunidades para el desarrollo rural competitivo, inclusivo y resiliente frente al cambio climático.

Estudios han evidenciado que los sistemas agroforestales mantienen o incluso mejoran los rendimientos, al tiempo que promueven la biodiversidad arbórea y de cultivos. Estos sistemas crean un microclima favorable que regula la temperatura, conserva la humedad del suelo y protege contra la erosión. (Vega, 2025).

Las intervenciones agroforestales pueden catalizar el desarrollo de servicios ecosistémicos y la transformación de la oferta productiva, contribuyendo a la rehabilitación de tierras degradadas, (Cerde, 2021).

Los sistemas agroforestales constituyen una parte importante de la caficultura colombiana, con más de un tercio de los cafetales bajo sombra. Este enfoque no solo promueve la conservación del suelo y la biodiversidad, sino que también puede sustentar una producción cafetera resiliente y de calidad en zonas como la Costa Caribe. (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI, 2021).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la incidencia del porcentaje de sombrero en la calidad física de la producción de café Tabí en un sistema agroforestal en la Serranía del Perijá en el municipio de Manaure – Cesar

Objetivos Específicos

Determinar la producción y rendimiento de café Tabí en un sistema agroforestal con diferentes porcentajes de sombrero.

Identificar las características de calidad física en la producción de café Tabí en un sistema agroforestal con diferentes porcentajes de sombrero.

Establecer el manejo agronómico para el café Tabí en un sistema agroforestal con diferentes porcentajes de sombrero.

Marco Conceptual y Teórico

El café es una bebida estimulante y aromática difundida por el mundo, que encuentra su origen en los países de medio oriente, y se ha ido posicionado en latino américa debido a sus características y propiedades; su reconocimiento mundial es por los consumidores que han resaltado su suavidad, intensidad de los aromas, acidez, y cuerpos balanceados. En Colombia se cultiva solamente la especie *Coffea arábica* L. y su proceso comienza desde las fincas (Figueroa Hernández et al., 2015).

La actividad en campo empieza desde la recolección selectiva del grano maduro, seguido del proceso de postcosecha, que incluye varias etapas como el despulpado, la fermentación natural o el desmucilaginado mecánico, el lavado y el secado. Después se lleva a la cooperativas o puntos de compra de café, se almacena y luego se realizan operaciones de trilla, clasificación del grano almendra, por tamaño, densidad y tipo de defectos y se hacen una evaluación de sabor y aroma del café conocidas como pruebas de taza, con el fin de determinar la mejor calidad del producto para la exportación.

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Existen diferentes cafés y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea*, son conocidas como *Coffea arábica* Linneo (reconocida como Arábica o Arábica) y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner (conocida como Robusta). Uno de estos híbridos es el café Tabí, obtenido por cruzamiento de las variedades de café típica, Bourbon y Timor Hybrid que fue desarrollado en Colombia como objetivo para la obtención de una planta de café resistente a la enfermedad de la roya y tener una de alta calidad en la taza, de acuerdo con lo descrito por Cevallos Cantos (2022).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de Café Tabí.

Ítem	Descripción
Dominio	<i>Eukaryota</i>
Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida (= Dicotyledoneae)</i>
Orden	<i>Gentianales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>

Nota. Esta tabla muestra la clasificación taxonómica del café tabí, obtenido por cruzamiento de las variedades de café Típica, Bourbon y Timor Hybrid. Cevallos Cantos (2022).

Generalidades del Café

Conforme a lo expuesto por Carbó (2012), la existencia histórica de miles y miles de cafeteros en Colombia, tiene su impacto regional el eje cafetero. No obstante, se reconoce sus ramificaciones económicas más allá de esta zona, mientras se exportaba masivamente por los puertos del Caribe a través del río Magdalena, fue crucial su contribución al crecimiento de Barranquilla y Cartagena, o de Girardot, Puerto Berrío y Magangué. (Carbó, 2012)

El café fue “el creador de una auténtica economía nacional”, cultivado en varias regiones, la necesidad de exportar tuvo impacto económico más allá de las zonas productoras, como en las ciudades portuarias, ribereñas y marítimas, y por supuesto, contribuyó al desarrollo del mercado interno, al estimular el empleo, el consumo, el transporte y la industrialización.

Desde su importancia, el café ha marcado durante su trascendencia muchos estándares sociales y económicos; de acuerdo con esto, he implementado técnicas y manejos que van perfeccionando las exigencias del mercado, la ciencia y la tecnología se ha convertido en un soporte crucial en las actividades productivas o empresariales. Es por esto que el café necesita para ser especial un trato especial desde el semillero hasta el beneficio, donde cada proceso sea tratado con cuidado (TvAgro, 2017).

Características del Café Tabí

En 2002 se liberó la variedad Tabí, una variedad compuesta, resistente a la roya, proveniente de la selección de progenies de los cruzamientos entre el Híbrido de Timor y las variedades Típica y Borbón. De porte alto, resistente a la roya, buena productividad, excelente granulometría y calidad en taza (Cevallos Cantos, 2022).

La resistencia a la roya del cafeto (*Hemyleia vastatrix* Berk. Y Broome) es brindada por el Híbrido de Timor, esta protege la variedad contra varias razas del hongo y también posee resistencia del tipo no específica o incompleta, cuya presencia se evidencia cuando la resistencia compete ha sido superada. Ambos tipos de resistencia se transfieren a la descendencia de sus cruces con variedades comerciales, conforme a lo mencionado por Moreno-Ruiz (2002).

Avance y Tecnología

La producción, la transformación, transferencia, y la difusión de tecnología en el sistema de producción del café, a fin de mejorar tanto la producción del grano como la calidad de vida del caficultor ha generado conexión entre generación del conocimiento e innovación que se ha convertido en un proceso en los que intervienen productores, consumidores, investigadores, todos en un marco institucional como lo es la Federación Nacional de Cafeteros, que cumple su

rol principal al impulsar el progreso tecnológico en la caficultura colombiana (Sanabria-Gómez et al., 2020).

Para asegurar productividad y calidad en el café, los estudio y las investigaciones en mejoramiento genético en Colombia se realizan desde 1938 cuando se crea Cenicafé. A partir de esta fecha empiezan a llegar materiales de *Coffea arábica* provenientes de diferentes orígenes que constituirían la Colección Colombiana de Café. Es así como en 1952 llega la variedad Caturra y en 1961 el Híbrido de Timor. Siete años después se emprendería un programa de cruzamientos que darían origen a 14 variedades mejoradas de café entregadas a partir de 1982 a los caficultores colombianos. Cenicafé involucrado en la innovación y mejoramiento del café, optó por utilizar variedades compuestas, lo que significa que son una mezcla de diferentes líneas que difieren con resistencia a la roya, pero que comparten excelentes atributos agronómicos como producción, calidad física del grano y sensorial de la bebida (Flórez, 2020).

Descripción de Variedades de Café

Porte Bajo

Castillo. La variedad Castillo es un material de porte intermedio fue creado por Cenicafé para mejoramiento genético con el propósito de que esta variedad tuviese resistencia a la roya y buen atributo en la calidad de taza, y además fueran altamente productivos. El Castillo incluye diferentes subvariedades, este es de porte bajo y compacto, lo que facilita su manejo y cosecha (Alvarado Alvrado et al., 2005)

Cenicafé 1. Tiene una arquitectura tipo D, se presenta como un árbol abierto, con mayor longitud en sus rama y ramificación de escasa a normal, lo que favorece el desarrollo y crecimiento foliar, las hojas son más grandes que la variedad caturra, con bordes ondulados y la

nervadura central redondeada lo que facilita el intercambio de energía solar, sus raíces son abundantes que ayuda al anclaje de la planta y absorción de nutrientes.

Es otra creación de Cenicafé en Colombia. Fue desarrollada en el cruzamiento de las variedades Caturra e Híbrido de Timor (Híbrido de Timor), y posee como características el porte de la variedad caturra. Esta variedad se destaca por su resistencia a la roya, a la enfermedad de las cerezas del café-CBD y su buen rendimiento. Al igual que las anteriores, tiene un porte bajo y son apreciadas por los productores debido a su facilidad de manejo y cosecha, lo que les permite optimizar los recursos y obtener buenos resultados en términos de calidad y productividad (Flórez et al., 2016).

Caturra. La variedad Caturra tiene los cogollos de color verde más claro que el resto de las hojas, las hojas son más redondas que las de Borbón, entrenudos cortos, el ángulo de las ramas jóvenes es semejante al del típica, su ramificación secundaria es muy abundante lo que le da a la planta una apariencia compacta y más vistosa. Un árbol produce menos que Borbón y más que Típica y se comporta muy bien en toda la zona cafetera.

La variedad Caturra, es una mutación natural de café Bourbon descubierto en Brasil, se caracteriza por ser porte bajo, facilitando la cosecha manual, sus plantas permiten el establecimiento de altas densidades de siembra, favoreciendo la obtención de mayores producciones por unidad de superficie. Sin embargo, es altamente susceptible a la roya del café y a la enfermedad de las cerezas, causadas por hongos patógenos que limitan la producción y afectan notablemente la calidad del café obtenido; esta variedad ampliamente cultivada en varios países productores de café (Córdova Y Presentación, 2012).

Variedad Colombia. Esta variedad es muy parecida al Caturra en cuanto a tamaño y forma del árbol, pero tiene resistencia a la roya del café. El cogollo de las plantas es bronceado

y la producción es igual o superior a la de Caturra. El tipo de grano y la calidad de la bebida son similares a las otras variedades de Café arábigo L., La variedad Colombia F6, fue seleccionada del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE) con el objetivo de obtener una planta resistente a la enfermedad de la roya.

El propósito de seleccionar nuevos y mejores materiales con resistencia durable, para la investigación de otras variedades, es incluir en la composición, Colombia y Tabí, para enriquecerlas y mejorarlas en sus atributos agronómicos iniciales, la particularidad de la variedad Colombia es que se adapta bien a diferentes condiciones climáticas y altitudes, lo que facilita la cosecha y el manejo. El material suministrado por Cenicafé es una mezcla de semillas provenientes de numerosas progenies, rigurosamente seleccionadas para garantizar amplia diversidad genética y la durabilidad de la resistencia a la roya del cafeto (Alvarado Alvrado, 2004).

Porte Alto

Típica. Esta variedad puede alcanzar los 4 metros, es de porte alto y tiene una silueta de forma cónica; su tronco es vertical de un solo eje, las ramas laterales forman un ángulo de 50 a 70 grados con el eje central, lo cual les da una forma inclinada. Sus hojas son oblongas, elípticas, con base y ápice agudos, de textura lisa y fina; las hojas nuevas son de color bronceado y presenta entrenudos largos. El fruto es alargado, grande, de coloración vinosa en su madurez.

La variedad Típica es una de las más antiguas y tradicionales de café arábica, esta ha sido la base para muchas variedades de café arábica que existen en la actualidad. Se originó en Etiopía y luego se propagó por todo el mundo, especialmente en América Latina. Se considera que Tiene un cuerpo suave y una acidez equilibrada, lo que lo convierte en un café con porte ligero. La calidad del café depende en gran medida de factores como la altitud, el clima, el suelo

y los métodos de cultivo y procesamiento utilizados en su producción. Se adapta mejor de zonas medias a altas, entre 1,300 a 1,800 metros sobre el nivel del mar (Velasquez O, 2019).

Borbón. La planta tiene forma cónica menos acentuada, presentando ramas secundarias más abundantes, entrenudos más cortos y mayor cantidad de axilas florales. Las ramas primarias forman un ángulo de 45 grados con el eje principal, los brotes son de color verde, hoja más ancha con bordes ondulados, el fruto es de menor tamaño, un poco más corto, de color rojo en su madurez, por las condiciones que tienen de mayor número de yemas florales, conformación y vigor, la capacidad productiva es de 20 a 30 % superior a la variedad típica. Se caracteriza su sabor dulce y suave, con un cuerpo ligero y una acidez moderada. Se cultiva en diversas regiones y es apreciada por sus perfiles de sabor distintivos.

Esta variedad es muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos por lluvias. Su desarrollo porte alto (3 metros) lo que lo hace susceptible a vientos fuertes. También presenta susceptibilidad a la roya (Velasquez O, 2019).

Maragogipe. Esta variedad de porte alto es una mutación de Típica, fue descubierta en Brasil en el año de 1870, superior a las plantas de Típica y Bourbón; las ramas laterales forman ángulo de 75 grados con el eje principal, presentando escasa ramificación secundaria Las hojas son más anchas cerca de la base, ápice acuminado y lámina coriácea ondulada, regularmente se doblan hacia abajo. Las hojas nuevas o brotes son largos, puntiagudos y bronceados. Los frutos son de color rojo, alargados, grandes, de disco saliente (ombligo saliente) y desarrollado. Debido a su tamaño, los granos de Maragogipe pueden tener una taza más suave y un cuerpo más pesado, la producción no es muy alta pero es compensado con la calidad de taza (Velasquez O, 2019).

Café Bajo Sistemas Agroforestales

Según Farfan Valencia et al. (2016), el sombrero en cafetales es una práctica relacionada con las condiciones agroclimática de algunas regiones del país, en las cuales el brillo solar y la lluvia son superiores o inferiores respecto a los requerimientos normales del cultivo del café, factores que son que variante en departamento del Cesar sobre la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. Por lo anterior, el sombrero se convierte en un acondicionador en los cultivos del café, que no se puede establecerse a libre exposición solar, es decir, con el sombrero se regulan las altas temperaturas, se reduce la excesiva radiación solar y se conserva la humedad del suelo en época secas, entre muchos otros beneficios.

Es importante destacar que las especies utilizada en los sistemas agroforestales requieren las mismas labores culturales que el cultivo de café, pues con un sombrero excesivo afecta el desarrollo y producción de la planta de café, de acuerdo a lo citado por (Farfan Valencia et al., 2016).

El establecimiento de café bajo un sistema agroforestal desde el punto de vista ambiental contribuye con la mitigación al cambio climático, conserva la fauna en la zona, ayuda a la seguridad alimentaria y mejora la calidad física y sensorial del café. Son varios los parámetros que se deben cumplir y que influyen para tener un café especial, y un factor importante es el sombrero, este hace parte esencial en los sistemas agroforestales ya que se relacionan con los aportes de nitrógeno a través de los residuos de podas y la descomposición de la hojarasca y las raíces, así como con la generación de un microclima que disminuye el estrés asociado con las variaciones de temperatura.

El café es uno de los cultivos agrícolas más importantes en el mundo por su impacto económico y social, por esto es de suma importancia incorporar sistemas de sombrero y técnicas

en los sistemas agrícola. Frente a las incertidumbres relacionadas con el cambio climático, este sistema se ha convertido en una fuente esencial debido a que se puede asociar, con cultivos transitorios y permanente, que hacen de este un ciclo esencial, en la parte económica, ambiental y social, fundamental para el desarrollo sostenible de Colombia (Armbrecht et al., 2021).

Café Tabí

Cenicafé desarrollo una variedad de porte alto con resistencia a la roya, constituida como una alternativa para los caficultores de regiones, donde se amplió la base genética de los nuevos materiales, utilizando como estrategia de mejoramiento la hibridación, seguida de la selección de genotipos superiores a través de varias generaciones. Para ello, se efectuaron cruzamientos entre ejemplares del Híbrido de Timor, una población tetraploide, usando como progenitor resistente a la roya. La variedad Tabí, es sugerida para regiones donde se adaptan mejor los porte alto, lo cual representa 30% de las áreas cultivadas (Moreno-Ruiz 2002)

Grano Café Tabí

Las características del grano, es la selección que se ha venido practicando desde generaciones anteriores, este proceso ha sido eficiente donde se ha destacado el tamaño de grano grande superior al 80% de café supremo, este con relación a la producción a la mayoría de las progenies de generación avanzada, siendo estadísticamente iguales a la mejor variedad testigo con control químico y varias de ellas lo superan estadísticamente. Conforme a lo citado por (Moreno-Ruiz, 2002).

Sabor

Tiene características que lo diferencia de otros cafés, un perfil de sabores complejos y equilibrados. Puede presentar notas de frutas, cítricos, chocolate y nueces, dependiendo del lugar

de cultivo y las prácticas de procesamiento utilizadas.

Cuerpo

Tiende a ser medio, ofreciendo una sensación agradable en boca.

Adaptabilidad

Se adapta bien a diferentes condiciones de cultivo, lo que permite su cultivo en una variedad de regiones cafeteras.

Resistencia

Una de las principales razones por las que se desarrolló el café Tabí fue para mejorar su resistencia a enfermedades comunes del café, como la roya y la broca. Esto lo hace atractivo para los productores que buscan reducir los riesgos y las pérdidas asociadas con estas plagas.

Las semillas seleccionadas asegurarán una amplia diversidad genética respecto a los factores responsables de la resistencia a la roya, se está utilizando como estrategia de mejoramiento con éxito en Colombia para procurar que la resistencia contra esta enfermedad sea durable (Velásquez O, 2019).

Producción

Los resultados obtenidos sobre la producción de esta variedad demuestran que tiene una alta capacidad productiva, con rendimientos que variaron entre 272 y 169 arrobas de café pergamino seco por hectárea por año. Estas cifras se registraron en distintas localidades, específicamente en el departamento de Santander y en la zona cafetera de Pueblo Bello, en el Cesar (Moreno-Ruiz, 2002).

Café Especial

La producción de un café especial inicia con la selección de semillas sanas, germinadas en sustratos ricos en materia orgánica y protegidos del sol directo. Durante el trasplante, es esencial que las plántulas estén libres de plagas y enfermedades para evitar afectaciones en su desarrollo (TvAgro, 2017).

El proceso continúa con la recolección selectiva de granos maduros y el manejo poscosecha, que incluye despulpado, fermentación, lavado, secado, trilla y clasificación del grano. Finalmente, se realizan pruebas de taza que evalúan aroma y sabor, determinando su aptitud para exportación (Farfan Valencia, 2019). Sin embargo, los cafés especiales son aquellos que conservan una consistencia en sus características físicas (forma, tamaño, humedad, apariencia y defectos), Los sensoriales (olfativas, visuales y gustativas), Prácticas culturales (recolección, lavado, secado) y en sus procesos finales (tostión, molienda y preparación); características que los distinguen, de acuerdo lo citado por Farfán (2007, p. 233-254).

El café para ser clasificado como especial se requiere unas características organolépticas muy específicas lo cual debe obtener una calificación mínima de 80 puntos en una escala de 0 a 100, según los estándares de la *Specialty Coffee Association* (SCAA) y la *Aliance for Coffee Excellence* (ACE) (*Specialty Coffee Association of América, 2015*) (Ariza et al., 2022).

Calidad

Los cultivos deben ser cuidadosamente tratado ya que un grano defectuoso se presenta desde la etapa del cultivo, principalmente por plagas como la broca del café (figura 1). Se estima que más del 80% de los defectos del grano, son granos vinagres, decolorados, flojos y mohosos son ocasionados por un inadecuado beneficio y secado, según (Puerta-Quintero, 2016).

Figura 1.

Identificación de los defectos del café



Nota. Afiche de guía para identificar los defectos del café, por Federación nacional de cafeteros s.f. Recuperado de: <https://forocafe.es/foro/viewtopic.php?t=5029>.

Cafés de Origen

Son cafés con sellos característicos, ya que provienen de un país, región o finca, con un sin número de cualidades únicas, debido a que crecen en sitios especiales, y que no son mezclados con otros cafés de otras calidades y orígenes, que le ofrecen al consumidor final disfrutar sabores auténticos; entre los cafés de origen más conocidos están: Granos de Moca de Yemen Java, Sumatra y Celebese de Indonesia; Blue Mountain de Jamaica; Cona de Hawái; Antigua de Guatemala; Terrazú y Tres Ríos de Costa Rica; AA de Kenia y Supremos de Colombia.(Farfan Valencia, 2007)

Tabla 2.

Clasificación de los Cafés Especiales en Colombia.

Cafés de Origen	Cafés de preparación	Cafés sostenibles
Cafés regionales: Proviene de una región reconocida, específica y sin mezclas.	Café selecto: Es una mezcla balanceada de varios cafés, que da una taza de excelente calidad.	Cafés Orgánicos: Son cultivos libres de agroquímicos, lo cual le realizan seguimiento para ser certificados.
Cafés exóticos: Tienen características sensoriales con taza de alta calidad y cultivado con zonas determinadas.	Cafés supremos: Es una clasificación granulometría que depende del tamaño del grano en mallas #17 hasta la 15 arriba.	Café Amigable con las Aves o de Sombra: Bajo sistema de cubrimiento de sombrío, pero tecnificado.
Café de finca: Selección de una sola finca, de un solo cultivo, es un producto de calidad que es trascendente en el tiempo.	Café caracol: Se selecciona los granos de caracol los cuales se da en zonas altas, dan como resultado tazas de alta acidez.	Café de Precio Justo o Social: Asociación de pequeños productores o comparativas que garantiza un precio comercial justo.

Nota. Son cafés de país, región o finca, con cualidades únicas, debido a que crecen en lugares especiales. Fuente: Farfán Valencia (2007)

Metodología

Tipo de investigación

Para alcanzar el objetivo general planteado, se adopta un enfoque metodológico mixto que integra métodos cualitativos y cuantitativos. La investigación es de tipo aplicada, con un diseño explicativo y experimental, sustentado en un razonamiento deductivo. Además, posee un enfoque transversal, ya que los datos se recolectan en un único momento.

Localización

El proyecto se desarrolló en la finca El Cielo, ubicada en la Serranía del Perijá, municipio de Manaure Balcón del Cesar, departamento del Cesar (Colombia) (Figura 1). El lote donde se realizó la investigación tiene una extensión de 2.25 hectáreas, a una elevación de 1550 m.s.n.m. en el punto con coordenadas geográficas WGS 84: Latitud 10° 24' 16" N, Longitud 72° 59' 29.85" O.

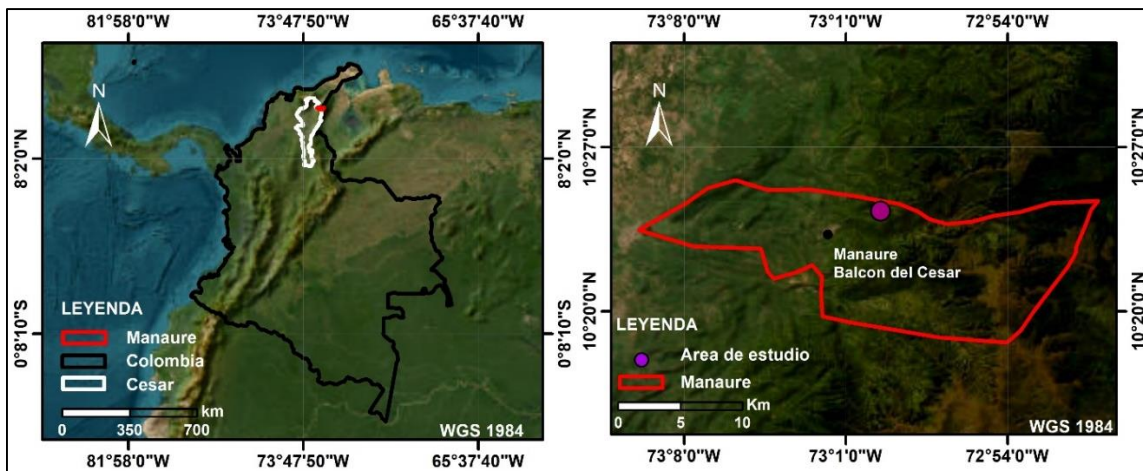
Las condiciones Agroclimático de la zona es de tipo templado cálido. la temperatura anual es aproximada de los 24 °C con mínimas y máximas de 18 y 30 °C, con una precipitación promedio de 1300 mm.

Unidad de investigación

El café utilizado en esta investigación corresponde a la variedad Tabí, proveniente de semilla certificada por CENICAFÉ, lo que garantiza su calidad genética y sanitaria. Fue sembrado en abril de 2019, bajo un diseño agronómico de 2 metros entre surcos por 1.1 metros entre plantas, estableciendo una sola planta por sitio. El cultivo se desarrolló bajo un sistema agroforestal con sombra transitoria proporcionada por plátano (*Musa × paradisiaca*) y sombra permanente con especies nativas como el guamo cafetero (*Inga edulis*).

Figura 2

Localización del área de estudio finca el Cielo.



Nota. Ubicación geográfica del área de estudio.

Fases del trabajo

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se tiene como base la revisión de la literatura realizada en donde el establecimiento del cultivo de café bajo un sistema agroforestal de realizar en tres fases. La primera fase corresponde a las labores de siembra, la segunda fase muestreo y la tercera fase análisis de resultados.

Fase I

Primera fase se incluyen las actividades de selección de semillas, preparación de almácigo, llenado de bolsa con sustrato, siembra en vivero, selección de chapola, selección del lote de siembra, siembra en lotes de ensayo con diferentes porcentajes de sombra, recolección de cereza. Para obtener un café de alta calidad se hace recolección sujetando el fruto entre los dedos índice y pulgar, lo cual se desprende rotándolo con relación a su zona de unión al

pedúnculo, luego se pesa granos en cereza, se despulpa, lava, fermenta secado en camilla.

Fase II

La segunda fase corresponde al muestreo el cual se realiza las variables, cereza, pergamino seco y almendra sana.

Fase III

En la tercera fase se realiza el análisis del muestreo realizado. Donde se calcula el factor de rendimiento.

Variables a Medir

Tabla 3.

Variables a medir sobre la calidad física.

Calidad	Variables a medir	Indicador
Física	Café cereza	Kilo Café cereza
	Pergamino seco	Kilo Café pergamino seco CPS
	Almendra sana	% Merma en trilla
	Calidad física	Factor de rendimiento

Nota. Variables tenidas en cuenta para medir la calidad física del café.

Diseño de investigación. (Población)

La unidad experimental utilizada en esta investigación corresponde a parcelas de 200 m², con dimensiones de 20 metros de largo por 10 metros de ancho (figura 3). Dentro de cada parcela, se realizó la siembra de plantas de café con una distancia de 2 metros entre plantas y 1.1 metros entre surcos, lo que permitió establecer un total de 90 plantas por unidad experimental.

En total, se establecieron 12 unidades experimentales, abarcando un área total de 2400 m² y 1080 plantas sembradas. Las características detalladas de cada unidad experimental se encuentran descritas en la tabla 4 del documento.

Tabla 4.

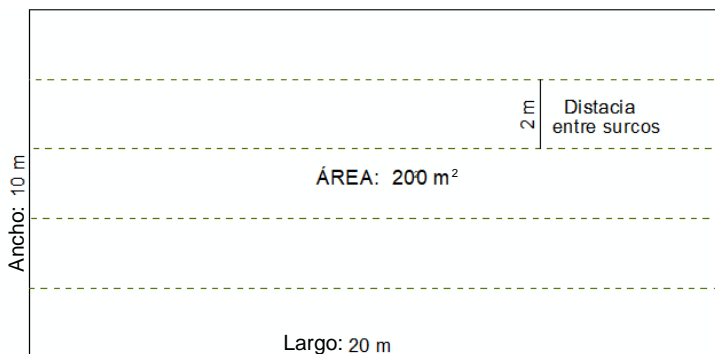
Características de la unidad experimental.

Descripción	Total
Largo de la parcela	20 metros
Ancho de la parcela	10 metros
Distancia entre surcos	2 metros
Distancia entre plantas	1,1 metros
Número de plantas por unidad experimental	90 plantas de café Tabí
Área por unidad experimental	200 m ²
Número de unidades experimentales	12
Número de plantas de café tabí totales del ensayo	1.080 plantas
Número de plantas de muestreo	108
Área total del ensayo	2.400 m ²

Nota. Descripción de las características de las unidades experimentales utilizadas en el trabajo de investigación.

Figura 2.

Esquema de las distancias de siembra en la parcela



Nota. Descripción grafica de la distribución de las distancias de siembra dentro de una parcela demostrativas.

Muestra

Cada unida experimental tenía 5 surcos, para la muestra se realizó los efectos bordes que consiste en descartar los márgenes superiores e inferiores para seleccionar 3 hileras y 3 plantas para un total 9 dentro de cada unidad productiva.

Porcentaje de Sombrío

Por medio de la aplicación *HabitApp* se realizó seguimiento en los lotes experimentales y se determinaron los porcentajes de sombrío generados por los árboles de guamo (*Inga eudalis*), en el cultivo de café. Los tratamientos corresponden al porcentaje de sombrío en cada parcela; para el experimento se realizaron pruebas con 0%, 15%, 30% y 45% de sombra.

En el experimento se desarrolló con bloques al azar, con 4 tratamiento y 3 réplicas. En la tabla 5 se relacionan los tratamientos y las coordenadas de localización de las unidades experimentales.

Procedimiento

Para la toma de muestras de café se cosecharon los frutos maduros de 108 plantas (9 por unidad experimental), correspondiente a las 3 hileras centrales para evitar el efecto de borde. Se realizó la siguiente actividad por unidad experimental:

- Cálculo de peso del café cereza
- Despulpado de la fruta
- Fermento los granos
- Lavado,
- Secado en camilla
- Pesado del café en pergamino seco
- Trilla
- Cálculo del factor de rendimiento

Instrumentos de recolección de la información

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales e insumos de campo: fertilizante edáfico 70 gramos por planta, dos aplicaciones, manguera de media pulgada, machete, lima, *Beauveria bassiana*, cocos recolectores, sacos de fiques, peso de reloj, balanza, despulpadora, Becolsub, trilladora y zaranda.

Técnicas de análisis de datos

Se utilizó el *Test de Shapiro Wilk* es una herramienta para los análisis estadísticos que se usa para diferenciar la normalidad de un conjunto de datos, y comparación de medias por medio del **Test de Tukey**. El test, presentado en el año 1949 por *John.W. Tukey*, permite comprender si los resultados obtenidos son significativamente diferentes o no. El analisis se realizo utilizando el software R Versión 4.3.0.

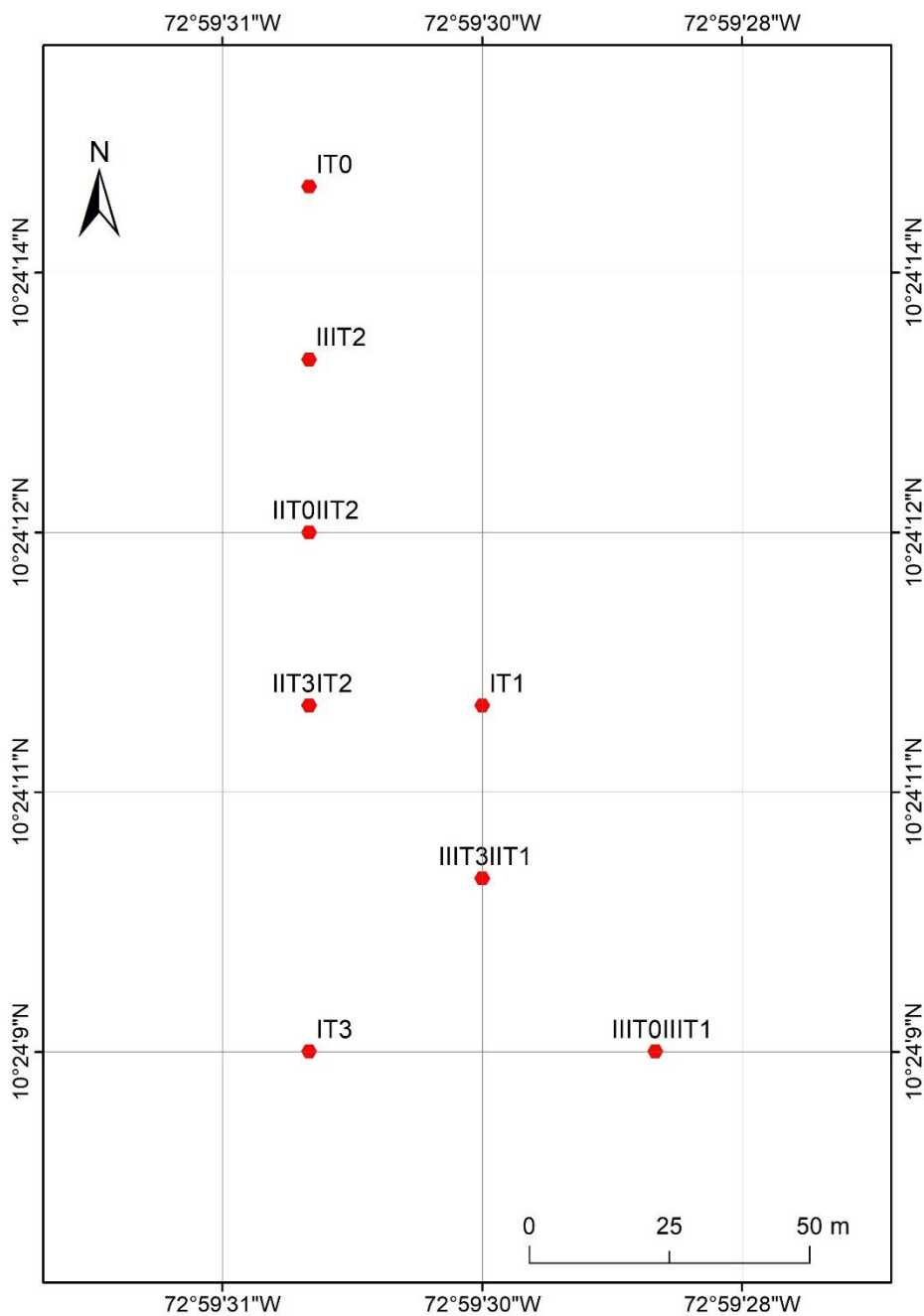
Tabla 5.*Densidad de sombras en diferentes unidades experimentales*

Tratamiento (Porcentaje de sombra)	Replica	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
0%	T0- I	10°24'14"	72° 59'31"	1598
0%	T0-II	10°24'12"	72° 59'31"	1585
0%	T0-III	10°24'9"	72° 59'29"	1577
15%	T1-I	10°24'11"	72° 59'30"	1585
15%	T1-II	10°24'10"	72° 59'30"	1593
15%	T2-III	10°24'9"	72° 59'29"	1575
30%	T2-I	10°24'11"	72° 59'31"	1573
30%	T2-II	10°24'12"	72° 59'31"	1591
30%	T2-III	10°24'13"	72° 59'31"	1586
45%	T3-I	10°24'9"	72° 59'31"	1605
45%	T3-II	10°24'11"	72° 59'31"	1573
45%	T3-III	10°24'10"	72° 59'30"	1592

Nota. Tratamiento y replicas en diferentes unidades experimentales del trabajo de investigación.

Figura 3.

Ubicación de unidades experimental.



Nota. Ubicación con coordenadas de las unidades experimentales.

Resultados

Los datos obtenidos en la investigación del cultivo de café fueron analizados empleando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), una metodología estadística que permitió controlar la variabilidad existente entre bloques y, con ello, aumentar la precisión y confiabilidad de los resultados. El análisis contempló un procesamiento estadístico detallado mediante análisis de varianza (ANOVA), acompañado de la verificación rigurosa de los supuestos del modelo, como la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas. En los casos en que se detectaron diferencias relevantes, se aplicaron pruebas de comparación de medias para determinar cuáles tratamientos presentaban resultados significativamente distintos (véase tabla). Todo el procesamiento estadístico se llevó a cabo utilizando el software R, versión 4.3.0, reconocido por su potencia en análisis de datos agrícolas. (R Core Team, 2023), desarrollado por la R Foundation for Statistical Computing.

Análisis estadísticos de los datos

A través de este análisis, se identificó la interacción existente entre la sombra generada por especies arbóreas y el crecimiento del cultivo de café, lo cual permitió comprender cómo las condiciones de sombrero influyen en el desarrollo fisiológico y productivo de la planta. Estos resultados son fundamentales para orientar la implementación de prácticas agropecuarias más eficientes, que no solo incrementen el rendimiento del cultivo, sino que además favorezcan la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad y la salud del ecosistema agrícola en su conjunto. De esta manera, se aporta al desarrollo de sistemas de producción más sostenibles y resilientes.

Tabla 6.*Resultados alcanzados.*

Tratamiento (porcentaje de sombra)	Bloque	Información de campo		Calidad física	
		Café cereza (kg)	Café pergamino seco (kg)	Almendra sana (gr)	Factor de rendimiento
0%	I	12	2.10	205.7	85.08
0%	II	9	1.49	205.0	85.37
0%	III	9	1.94	200.1	87.45
15%	I	21	3.81	203.0	86.21
15%	II	18	3.33	207.3	84.42
15%	III	15	2.63	203.1	86.16
30%	I	12	2.47	204.0	85.78
30%	II	15	2.89	206.5	84.75
30%	III	16	2.65	201.7	86.76
45%	I	15	2.80	204.1	85.74
45%	II	15	2.67	204.4	85.62
45%	III	15	2.80	205.7	85.08

Nota. Resultados esperados de los ensayos realizados en la toma de muestra en campo y bloques, tratamientos por porcentaje de sombra y calidad física.

Café Cereza

En la tabla 6 se observan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las muestras de café cereza, con el propósito de evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas en la producción y en las características físicas del grano, considerando los distintos tratamientos implementados en el sistema agroforestal evaluado durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 6.

Análisis de variable peso de cereza

Análisis de varianza	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Bloque	2	3.17	1.58	0.322	0.7365
Tratamiento	3	98.00	32.67	6.644	0.0246 *
Residual	6	29.50	4.92		

Nota. Estudios estadístico de la variable peso de cereza

Con un 95% de confianza se concluye que hay diferencia estadísticamente significativa de la variable peso de Cereza en los tratamientos en prueba.

Se validó el supuesto de normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilk

Test de Shapiro Wilk

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.95827, p-value = 0.7589

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales se comportan acorde a una distribución normal.

Para la validación del supuesto de varianza contante se aplicó el Test de Levene

Test de Levene

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")

Df F value Pr(>F)

group 3 10.4411

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales absolutos se comportan acorde a una varianza constante.

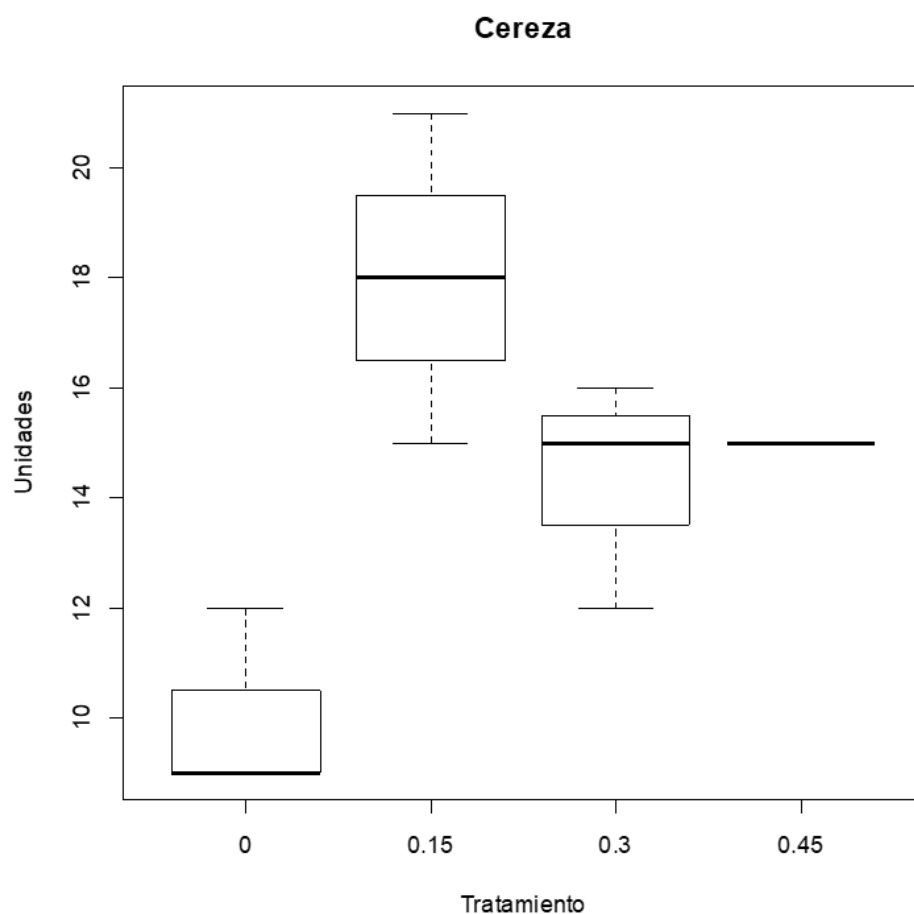
Como hay diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos y se cumplen los supuestos del modelo se procede al desarrollo de las pruebas de comparación de medias por medio del Test de Tukey.

Tabla 7.

Resultados Test de Tukey

Tratamiento	Media	
0.15	18.00000	a
0.45	15.00000	ab
0.3	14.33333	ab
0	10.00000	b

Nota. Resultados de la diferencia significativa mediante el Test de Tukey

Figura 4.*Representación gráfica de Cereza*

Nota. Grafica de los resultado de café cereza.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos de campo evidencian que el tratamiento con un 15 % de sombra generó el mejor rendimiento productivo, alcanzando un valor máximo de 21 kg recolectados en el bloque I y una media aritmética de 18 kg considerando todos los bloques evaluados. En cuanto a los tratamientos con niveles de sombra del 30 % y 45 %, se observó un comportamiento similar en términos de producción, con medias de 14.3 kg y 15 kg respectivamente, destacándose la homogeneidad en los datos del tratamiento con 45 %. Por otro

lado, el tratamiento con 0 % de sombra presentó el rendimiento más bajo, con un promedio general de tan solo 10 kg.

Café Pergamino

La tabla presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las muestras de café pergamino, con el objetivo de evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas en la producción y en las características físicas del grano, considerando los distintos tratamientos de sombrero implementados durante el experimento, lo que permite interpretar el efecto real de cada condición evaluada.

Tabla 8.

Análisis Variable peso pergamino.

Análisis de varianza	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Bloque	2	0.1763	0.0881	0.639	0.561
Tratamiento	3	3.0876	1.0292	7.457	0.019*
Residual	6	0.8281	0.138		

Nota. Estudios estadístico de la variable en peso pergamino

Con un 95% de confianza se concluye que hay diferencia estadísticamente significativa de la variable Peso de calidad pergamino en los tratamientos en prueba.

Se validó el supuesto de normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilk.

Test de Shapiro Wilk

Shapiro-Wilk Normality Test

W = 0.93794, p-value = 0.4718

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales se comportan acorde a una distribución normal.

Para la validación del supuesto de varianza constante se aplicó el Test de Levene

Test de Levene

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")

Df F value Pr(>F)

group 3 1.2996 0.3396

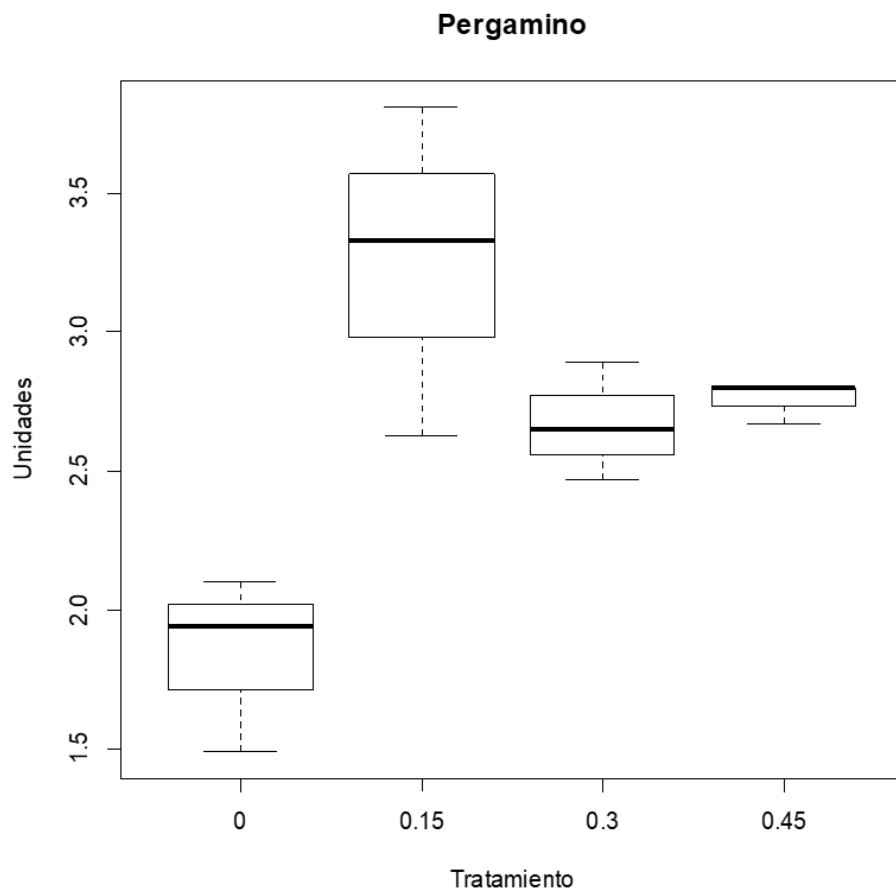
Con un 95% de confianza se concluye que los residuales absolutos se comportan acorde a una varianza constante.

Tabla 9.

Desarrollo de pruebas de comparación de medias

Tratamiento	Media	
0.15	3.256667	a
0.45	2.756667	ab
0.3	2.670000	ab
0	1.843333	b

Nota. Muestras de las diferencias significativas en los porcentajes de 0% 15% 30% 45% Mdiante el Test de Levene.

Figura 5.*Representación Grafica Pergamino*

Nota. Representación grafica mediante diagrama de caja pergamino seco

El análisis realizado al café pergamino seco para el tratamiento del 15% arrojo como resultado una media de 3.26kg de café seco y un rendimiento promedio de 180.6 gr café seco/kg de cereza. Para el tratamiento del 30% se observa una media de 2.67 kg café seco y un rendimiento promedio de 188 gr café seco/kg de cereza. El tratamiento del 45% muestra una media de 2.76 kg café seco y un rendimiento promedio de 183.8 gr café seco/kg de cereza. Para

el tratamiento del 0% se observó una media de 1.84 kg café seco y un rendimiento promedio de 184.3 gr café seco/kg de cereza.

Tabla 10.

Análisis de Almendra Sana

Análisis de varianza	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Bloque	2	19.768	9.884	2.503	0.162
Tratamiento	3	2.166	0.722	0.183	0.904
Residual	6	23.697	3.949		

Nota. Estudio estadístico de almendra sana

Con un 95% de confianza se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa de la variable peso de almendra sana en los tratamientos en prueba.

Se validó el supuesto de normalidad por medio del Test de Shapiro Wilk

Test de Shapiro Wilk

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.95224, p-value = 0.6699

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales se comportan acorde a una distribución normal.

Test de Levene

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")

Df F value Pr(>F)

group 3 0.2638 0.8497

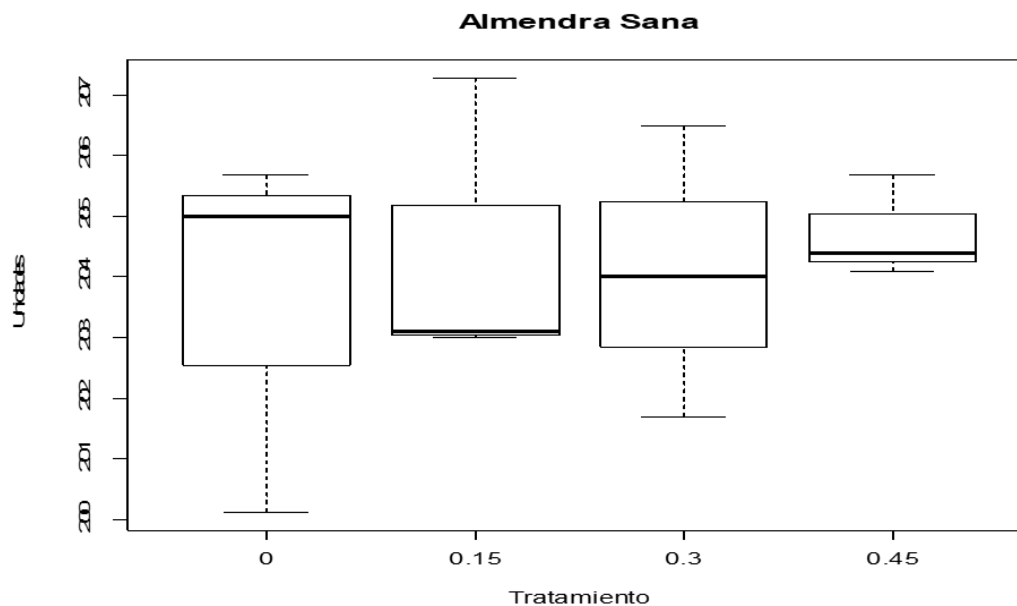
Con un 95% de confianza se concluye que los residuales absolutos se comportan acorde a una varianza constante.

No se desarrollan pruebas de comparación de medias pues no hay diferencia en el comportamiento de los tratamientos medidos con las variables peso de almendra sana.

Boxplot

Figura 6.

Representación gráfica almendras sana



Nota. Representación grafica mediante diagrama de caja en almendra sana

El análisis realizado muestra que para un tratamiento del 15% de sombra se observa el mayor valor de almendras sanas con 207.3 gr y un promedio de 204.46 gr. Para el tratamiento del

30% el mayor valor de almendras sanas con 206.5 gr y un promedio de 204.06 gr. Para el tratamiento del 45% el mayor valor de almendras sanas con 205.7 gr y un promedio de 204.73 gr. Para el tratamiento del 0% el mayor valor de almendras sanas con 205.7 gr y un promedio de 203.6 gr.

Tabla 11.

Análisis variable factor de rendimiento

Análisis de varianza	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Bloque	2	3.512	17.562	2.511	0.161
Tratamiento	3	0.398	0.1328	0.190	0.900
Residual	6	4.197	0.6995		

Nota. Estudio estadístico en factor de rendimiento

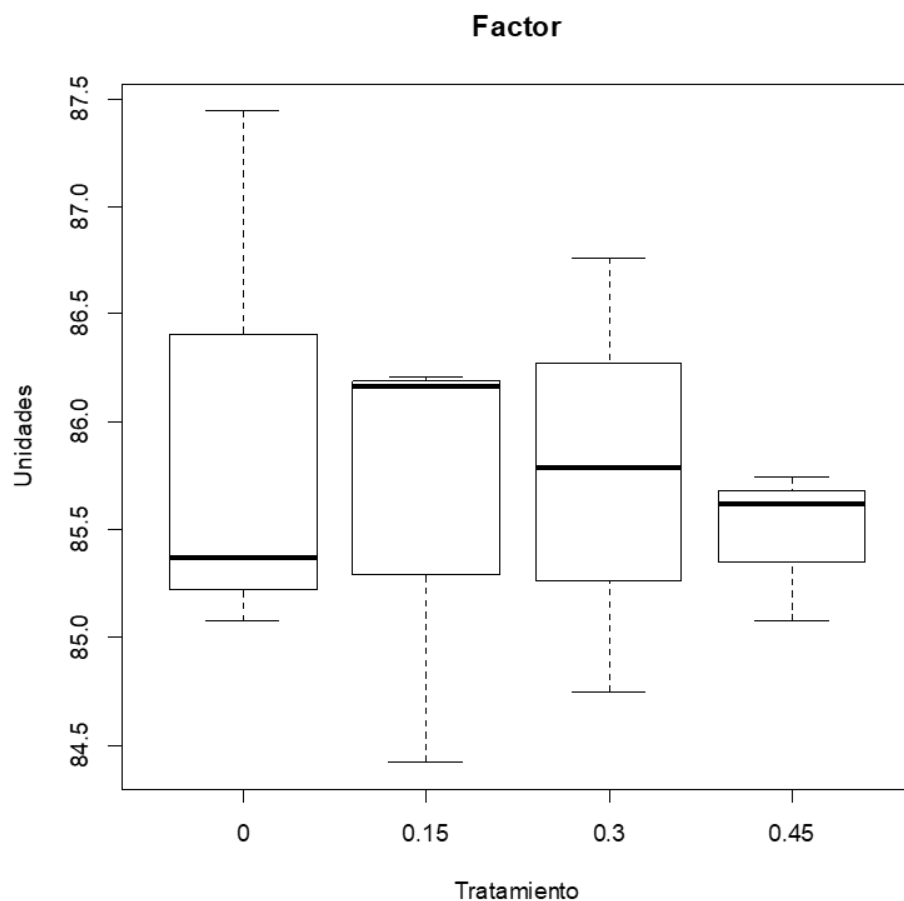
Con un 95% de confianza se concluye que no hay una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento del factor de rendimiento en los tratamientos en prueba.

Test de Shapiro Wilk

Shapiro-Wilk Normality Test

W = 0.95519, p-value = 0.7136

Gráfica representativa del factor de rendimiento



Nota. Representación grafica mediante diagrama de caja factor de rendimiento

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales del análisis de varianza de los tratamientos en la variable factor de rendimiento se comportan acorde a una distribución normal.

Test de Levene

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")

Df F value Pr(>F)

group 3 0.2693 0.8459

Con un 95% de confianza se concluye que los residuales absolutos del modelo de análisis de varianza se comportan acorde a una varianza constante.

Dado que no hay una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento de los tratamientos no se desarrollan pruebas de comparación de medias.

Producción y Rendimiento del Café Tabí

Los resultados muestran que el tratamiento con 15% de sombra presenta la mayor producción de café cereza, con valores entre 15 kg y 21 kg por bloque, concordando con estudios que indican que la sombra moderada beneficia el progreso de los cafetales al promover el uso eficiente de la luz y regular la temperatura (DaMatta Y Rodríguez, 2007). Por otro lado, el tratamiento con 0% de sombra mostró la producción más baja, con valores de 9 kg a 12 kg; esto puede tener origen en el posible estrés hídrico y térmico al que se exponen las plantas con la exposición solar directa, reduciendo la salud de la planta y por lo tanto la producción (Reyes-Herrera et al., 2023).

Características de Calidad Física del Café Tabí

Los indicadores de calidad física evaluados en esta investigación incluyen el peso de café pergamino seco, el peso de almendra sana y el factor de rendimiento, todos fundamentales para determinar el valor comercial del grano. En el caso del café pergamino seco, los resultados más altos se registraron en los tratamientos con 15 % de sombra, alcanzando hasta 3,81 kg por bloque. Este comportamiento refleja una influencia positiva del sombrero moderado sobre la calidad física del café, ya que estas condiciones favorecen un desarrollo más uniforme del grano, lo que se traduce en una mayor densidad, mejor apariencia y, por ende, un producto más competitivo en el mercado (Koutouleas et al., 2022). Contrastando con los resultados obtenidos

en el tratamiento con 0 % de sombra, se observaron valores considerablemente más bajos, entre 1,49 kg y 2,10 kg por bloque, lo que indica una menor productividad y calidad física del grano. Por otro lado, en los tratamientos con mayores niveles de sombra, como el 30 % y 45 %, los valores oscilaron entre 2,47 kg y 2,80 kg, mostrando un rendimiento intermedio, aunque sin superar al tratamiento con 15 %.

Para la variable de Almendra Sana, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que los valores se mantuvieron cercanos a los 205 gramos en la mayoría de los casos. Sin embargo, resulta relevante destacar que el tratamiento con un 15 % de sombra presentó valores ligeramente superiores en algunos bloques, lo que sugiere una posible tendencia favorable.

La eficiencia en la conversión de café cereza a almendra, representada por el factor de rendimiento, mostró valores que oscilaron entre 84.42 y 87.45, siendo ligeramente más elevados en el tratamiento con 0 % de sombra. No obstante, la menor merma en trilla se presentó en el tratamiento con 15 % de sombra, lo cual sugiere una conversión más eficiente del grano en condiciones de sombra moderada. Aunque el factor de rendimiento tiende a ser más alto en ausencia de sombra, las diferencias no resultaron estadísticamente significativas. En este contexto, el tratamiento con 15 % de sombra representa un equilibrio favorable entre rendimiento y calidad física del grano, lo cual es un aspecto clave para los caficultores.

Manejo Agronómico del Café Tabí Bajo Diferentes Niveles de Sombrío

Los resultados obtenidos en esta investigación destacan la importancia de implementar sistemas agroforestales con sombra parcial del 15 %, ya que contribuyen significativamente a mejorar tanto la producción como la calidad física del café Tabí. Esta evidencia experimental es concordante con las recomendaciones técnicas de la Federación Nacional de Cafeteros de

Colombia, que promueve prácticas sostenibles adaptadas a las condiciones locales (Valencia, 2010). Es fundamental implementar un plan de fertilización sustentado en los resultados de un análisis de suelos y en los requerimientos nutricionales específicos del cultivo de café bajo sistemas agroforestales. Esta práctica asegura una nutrición balanceada, optimiza la eficiencia en el uso de insumos y favorece tanto la productividad como la sostenibilidad a largo plazo. Los planes deben adaptarse al nivel de sombreado, a las condiciones edáficas y a la etapa fenológica del cultivo, ya que la respuesta del cafeto a los nutrientes varía con la cobertura arbórea. En sistemas con sombra moderada, suele ser posible reducir las dosis y la frecuencia de aplicación debido a menor transpiración y lixiviación; en contraste, cafetales a libre exposición solar demandan mayores aportes para sostener su crecimiento y productividad óptima. (Farfán & Mestre, 2004; Sadeghian, 2010; Federación Nacional de Cafeteros—Cenicafé, 2012).

En general, la clave para alcanzar una producción eficiente y sostenible de café Tabí de alta calidad radica en la aplicación de un manejo agronómico meticuloso, planificado y adaptado a las condiciones específicas del cultivo. Este manejo debe abarcar cada etapa del proceso productivo, desde la selección y preparación de semillas, la siembra y establecimiento del cultivo, el manejo nutricional, sanitario y de sombra, hasta la cosecha y el análisis final del producto. La tabla 13 presenta de manera detallada los pasos recomendados para un manejo agronómico eficiente.

Tabla 12.

Manejo agronómico café Tabí

Fase	Descripción	Importancia
Selección de Semillas	Elección de semillas certificadas de alta calidad, resistentes a enfermedades como la roya.	Garantizar plantas sanas y productivas desde el inicio del cultivo.
Preparación del Vivero	Preparación de almácigos con sustrato rico en materia orgánica, llenado de bolsas y trasplante de semillas.	Permite un desarrollo adecuado de las plántulas antes de su siembra definitiva.
Siembra en Lotes de Ensayo	Se establecen parcelas con diferentes niveles de sombra.	Evalúa el impacto del sombrero en el crecimiento y calidad del café.
Manejo del Sombrío	Uso de sombrade cultivos transitorios y permanente.	Regula la temperatura, reduce la evaporación del agua y mejora la calidad del grano.
Mantenimiento del Cultivo	Control de malezas, fertilización según análisis de suelo y riego según temporada.	Mantenga las plantas en óptimas condiciones para la producción.
Recolección de Cereza	Cosecha manual selectiva de frutos en su punto óptimo de maduración.	Mejora la calidad del café al evitar granos defectuosos.

Procesamiento del Café	Despulpado, fermentación y secado en camillas para preservar la calidad.	Definir la calidad física y sensorial del café, evitando daños en la producción.
Evaluación de Calidad Física	Se mide el peso del café cereza y pergamino seco, porcentaje de merma en trilla y factor de rendimiento.	Permite comparar el efecto del porcentaje de sombra en la calidad del grano.
Análisis de Resultados y Recomendaciones	Evaluación de datos para determinar el mejor nivel de sombra para producción óptima.	Optimiza el manejo del cultivo y permite tomar decisiones basadas en evidencia.

Nota. Descripción de los pasos para realizar el establecimiento en cultivo de café con buen manejo agronómico.

Conclusiones

Esta investigación demuestra la influencia del sombrío en la calidad del café Tabí. Los diferentes niveles de sombra (0%, 15%, 30% y 45%), proporcionados por árboles de guamo, impactan significativamente variables como el rendimiento de café cereza, la producción de café pergamino seco y la calidad de la almendra sana. Estos resultados resaltan la importancia de un manejo agronómico adecuado en sistemas agroforestales para optimizar la producción y la calidad del café.

Con base en los resultados, se recomienda a los productores implementar prácticas de manejo agronómico que consideren el porcentaje óptimo de sombra. Esto no solo mejora la calidad física del café, sino que también promueve la sostenibilidad del sistema, fortaleciendo la salud del ecosistema y la resistencia del cultivo a plagas y enfermedades.

Esta investigación, enfocada en las condiciones agroclimáticas específicas de la Serranía del Perijá en el Cesar, genera información crucial para los caficultores locales que buscan mejorar la rentabilidad y calidad de su café Tabí. Al abordar la falta de estudios locales sobre este tema, la investigación abre nuevas oportunidades de comercialización en el competitivo mercado de cafés especiales.

Recomendaciones

En función de las conclusiones obtenidas en esta investigación, se recomienda que los productores de café Tabí en la Serranía del Perijá adopten sistemas agroforestales con un porcentaje de sombra óptimo, en torno al 15%, utilizando árboles de guamo (*Inga eudalis*.) como especie principal para proveer cobertura. Este nivel de sombra ha demostrado favorecer el equilibrio entre rendimiento de café cereza, producción de pergamino seco y calidad de la almendra sana, factores determinantes para acceder a mercados diferenciados.

Es fundamental implementar un manejo agronómico integral que contemple podas periódicas para mantener el porcentaje de sombra deseado, un control eficiente de malezas y un plan de fertilización ajustado a las condiciones del suelo y al régimen de sombra. Asimismo, se recomienda incorporar herramientas de monitoreo certificadas que permitan medir y ajustar con precisión los niveles de sombra según las necesidades del cultivo. La adopción de estas prácticas no solo incrementará la calidad física y organoléptica del café, sino que también fortalecerá la sostenibilidad ambiental, al promover la conservación de la biodiversidad y mejorar la resiliencia del sistema productivo frente a plagas, enfermedades y variabilidad climática.

Finalmente, se insta a los caficultores a aprovechar las oportunidades de comercialización que ofrece el mercado de cafés especiales, resaltando la trazabilidad y las prácticas sostenibles como elementos diferenciadores para posicionar el café Tabí de la región en nichos de alto valor.

Bibliografía

- Alvarado Alvrado, G. (2004). Atributos de calidad de la semilla de café de las variedades Colombia y Tabi. *Avances Técnicos Cenicafé*, 324, junio, 1-4.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0324.pdf>
- Alvarado Alvrado, G., Posada Suarez, H. E., Y Cortina Guerrero, H. A. (2005). Castillo: Nueva variedad de cafe con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafé*, 337, julio, 1-8.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0337.pdf>
- Ariza, F. M., González, F. P., Y Montoya, A. S. (2022). Evaluación económica de la rentabilidad de cafés especiales de la variedad Tabí en el municipio de Manaure—Cesar. *Documentos de Trabajo ECACEN*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.22490/ECACEN.4264>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI. (2021). *Huella ambiental del café en Colombia*. Obtenido de
<https://www.andi.com.co/Uploads/HUELLA%20AMBIENTAL%20%20DEL%20CAF%20C3%89%20EN%20COLOMBIA.pdf>
- Carbó, E. P. (2012). Café y democracia en Colombia: Reflexiones desde la historia. *Revista de Economía Institucional*, 14(27), Article 27, 241-254,
<https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/ecoins/article/view/3286>
- Cerda, R. A. (2021). Ecosystem services trajectories in coffee agroforestry in Colombia over 40 years. *Ecosystem Services*, 48, 101246., <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101246>.
- Cevallos Cantos, J. J. (2022). *Evaluación del crecimiento de plántulas de Coffea arabica L. Acawa en condiciones de vivero con diferentes sustratos y bioestimulantes*.
[UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ].

[https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3683/1/TITULACI%
c3%93N%20CEVALLOS%20CANTOS%20JONNY%20listo%20PDF.pdf](https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3683/1/TITULACI%c3%93N%20CEVALLOS%20CANTOS%20JONNY%20listo%20PDF.pdf)

Córdova, B. L., Y Presentación, R. (2012). Caracterización organoléptica en taza del café orgánico (coffea arábica) variedad caturra según altitud en satipo, [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1882/Lazaro%20Cordova.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DaMatta, F., Y Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: Una visión agrnómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 113-123.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14411>

Farfan Valencia, F. (2007). Capítulo 10: Cafés especiales en H. F. Ospina Y S.M. Marín (1ra Ed.), *Sistemas de producción*, (Primera ed., pp. 233-254). CENICAFE.
<https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo10.pdf>

Farfan Valencia, F. (2019). La densidad de siembra del café en sistemas agroforestales. *Avances Técnicos CENICAFE*, 499, enero, 1-4.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4209/1/AT499.pdf>

Farfan Valencia, F., Bermudez Florez, L. N., Y González Flores, N. E. (2016). Evaluacion de herramientas para valorar el porcentaje de sombra en sistema agroforestales con cafe. *Avances Técnicos CENICAFE*, 472, octubre, 1-8.
<https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/4177/1/AVT0472.pdf>

- Figueroa Hernandez, E., Perez Soto, F., Y Godínez Montoya, L. (2015). *La producción y el consumo del café*. Bogotá. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/64936>
- Flórez, C. P. (2020). Variedades de café: Siémbrelas para asegurar productividad y calidad. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, 71, e71125-e71125. <https://doi.org/10.38141/10795/71125>
- Flórez, C. P., Maldonado, C. E., Cortina, H. A., Moncada, M. del P., Montoya, E. C., Ibarra, L. N., Unigarro, C. A., Rendón, J. R., Y Orrego, H. D. (2016). Cenicafé 1: Nueva variedad de porte bajo altamente productiva resistente a la roya y al CBD con mayor calidad física del grano. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0469>
- Gobernacion del Cesar. (2020). *Plan de desarrollo departamental 2020-2023 lo hacemos mejor*. http://cesar.gov.co/d/filesmain/plan_desarrollo/plan_de_desarrollo_2020_2023_lo_hacemos_mejor_act.pdf
- Koutouleas, A., Sarzynski, T., Bordeaux, M., Bosselmann, A., Campa, C., Etienne, H., Turreira-García, N., Léran, S., Y Markussen, B. (2022). *Shade effects on yield across different Coffea arabica cultivars—How much is too much? A meta-analysis | Agronomy for Sustainable Development*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-022-00788-2>
- Moreno-Ruiz, G. (2002). TABI: VARIEDAD DE CAFÉ DE PORTE ALTO CON RESISTENCIA A LA ROYA. *Avances Tecnicos*, 1-8. Bogotá. <https://cenicafe.org/es/publications/avt0300.pdf>
- Puerta-Quintero, G. I. (2016). *Calidad física del café de varias regiones de colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio*. 1-34. Bogotá. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/676/1/arc067%2801%297-40.pdf>

- Reyes-Herrera, D. F., Sánchez-Reinoso, A. D., Lombardini, L., Y Restrepo-Díaz, H. (2023). Physiological responses of coffee (*Coffea arabica* L.) plants to biochar application under water deficit conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3), 12873-12873. <https://doi.org/10.15835/nbha51312873>
- Sanabria-Gómez, S. A., Caro-Moreno, J. C., Sanabria-Gómez, S. A., Y Caro-Moreno, J. C. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: El rol de la Federación Nacional de Cafeteros. *Revista EAN*, 88, 223-241. <https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2624>
- TvAgro (Director). (2017, enero 19). *Singularidades de la Producción de Café Especial—TvAgro por Juan Gonzalo Angel* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=tNn0OYzyh1I>
- TvAgro (Director). (2021, noviembre 17). *Cómo identificar cafés especiales—TvAgro por Juan Gonzalo Angel Restrepo* [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=2dWeG_bNYBE
- Valencia, F. F. (2010). *Café orgánico al sol y bajo sombrío*. Bogotá- <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/360/1/avt0399.pdf>
- Vega, M. S. (2025). Balancing tree and crop biodiversity and yield in coffee plantations of the Peruvian Amazon: The role of shade and certification as indicators of sustainable management. *Desafíos ambientales*, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101223>.
- Velasquez O, R. A. (2019, marzo). *Guia de variedades de cafe Guatemala*. Guatemala. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>