



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE POTASIO EN LA CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD DE COFFEA ARABICA VAR. GEISHA
APLICADA MEDIANTE FERTIRRIEGO EN LA
HACIENDA LA PAPAYA, PROVINCIA DE LOJA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: JONNATHAN JAVIER GUAYARA MACAO

**DIRECTOR: ING. XAVIER ESTEBAN ESPINOZA BUSTAMANTE
MGS.**

CUENCA- ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE POTASIO EN LA CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD DE COFFEA ARABICA VAR. GEISHA
APLICADA MEDIANTE FERTIRRIEGO EN LA
HACIENDA LA PAPAYA, PROVINCIA DE LOJA
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: JONNATHAN JAVIER GUAYARA MACAO

**DIRECTOR: ING. XAVIER ESTEBAN ESPINOZA BUSTAMANTE
MGS.**

CUENCA- ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Jonnathan Javier Guayara Macao portador de la cédula de ciudadanía N.º **0107363897**.

Declaro ser el autor de la obra: **“Efecto de potasio en la calidad y productividad de *Coffea arábica* var. Geisha aplicada mediante fertirriego en la Hacienda la Papaya, provincia de Loja.”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **16 de septiembre de 2024**



Jonnathan Javier Guayara Macao

C.I. 0107363897

CERTIFICACIÓN

Yo **Xavier Esteban Espinoza Bustamante**, con cédula de identidad N° **0103529947** en calidad de director del Trabajo de Titulación con el tema: **“Efecto de potasio en la calidad y productividad de *Coffea arábica* var. Geisha aplicada mediante fertirriego en la Hacienda la Papaya, provincia de Loja”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Jonnathan Javier Guayara Macao**, bajo mi supervisión.

Atentamente,



firmado electrónicamente por:
**XAVIER ESTEBAN
ESPINOZA BUSTAMANTE**

Ing. Xavier Espinoza Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Primero y, ante todo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, cuya guía, fortaleza y bendiciones han sido fundamentales en cada paso de este viaje académico. Su presencia ha sido mi fuente constante de inspiración y fortaleza.

A mi familia, el pilar de mi vida, les estoy eternamente agradecido por su amor incondicional, paciencia y apoyo continuo. Su confianza en mí y su comprensión durante las largas horas de trabajo y estudio han sido una fuente inagotable de motivación. A mis padres Ana Macao y Manuel Guayara a mi hermana Isabel Macao y a todos mis hermanos, mi gratitud y cariño son inmensos.

Mi agradecimiento se extiende a mi director de tesis, Ing. Xavier Espinoza por su orientación experta, paciencia y compromiso inquebrantable con mi desarrollo académico. Sus valiosos consejos y apoyo han sido cruciales para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros de estudio y amigos, les agradezco por su camaradería, apoyo y las conversaciones enriquecedoras que han acompañado este proceso. Su presencia ha hecho que el camino sea mucho más llevadero.

No puedo olvidar expresar mi gratitud al Ing. Juan Peña cofundador, director ejecutivo de la empresa INDUCAFEEXPORTO S.A.S., al Ing. Juan Tapia del área de producción y control de calidad y al personal de la Hacienda la Papaya, por su asistencia en la parte técnica y logística de este proyecto. Su apoyo ha sido indispensable para el desarrollo de mi investigación.

Finalmente, a todos los docentes de la institución, aunque no mencionados específicamente, han contribuido de alguna manera a la realización de esta tesis, les agradezco sinceramente. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en este trabajo.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento

Jonnathan Javier Guayara Macao

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, cuya guía y fortaleza han sido fundamentales a lo largo de este viaje académico. Su presencia ha proporcionado la inspiración y la serenidad necesarias para alcanzar este logro.

A mis abuelos difuntos, cuyo legado de sabiduría, amor y valores ha sido una fuente constante de inspiración. Su memoria y enseñanzas siguen siendo una influencia fundamental en mi vida y en mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres, por su incondicional apoyo, sacrificio y confianza en mis capacidades. Su amor y aliento han sido esenciales para superar los desafíos y alcanzar mis metas académicas.

A mis hermanos, por su comprensión y constante apoyo a lo largo de este proceso. Su presencia ha sido una fuente de fortaleza y motivación.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento. Este trabajo es el reflejo de su influencia y apoyo constante.

Con gratitud,

Jonnathan Javier Guayara Macao

ÍNDICE

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad	III
CERTIFICACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	16
Objetivo general.....	16
Objetivo específico	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1. Origen del café.....	18
1.2. Taxonomía del café	18
1.3. Morfología.....	19
1.3.1. Raíz.....	19
1.3.2. Tallo	19
1.3.3. Hojas.....	20
1.3.4. Flores	20
1.3.5. Frutos.....	20
1.3.6. Semillas	21
1.4. Cultivo de café en el Ecuador.....	21
1.5. Variedades de café cultivadas en Ecuador	21
1.5.1. Variedad de Café arábico (<i>Coffea arábica</i>)	22
1.5.2. Variedad Café Robusta (<i>Coffea canephora</i>)	23
1.5.3. Variedad de Café Geisha.....	23
1.6. Características agroclimáticas para la plantación de café.	24
1.6.1. Altitud y temperatura	24
1.6.2. Humedad relativa	24

1.6.3.	Precipitaciones	25
1.6.4.	Condiciones edáficas.....	25
1.7.	Café de especialidad	25
1.8.	Plagas y enfermedades.....	26
1.8.1.	Plagas	27
1.8.2.	Enfermedades	28
1.9.	Fertilización del cafeto	29
1.9.1.	Requerimiento nutricional de las plantaciones de café	30
1.9.2.	Fertilización potásica.....	31
1.9.3.	Función del potasio en las plantaciones	32
1.10.	Fertirriego	32
1.10.1.	Interacción entre suelo, planta y agua:	33
1.11.	Beneficiado del café.....	33
1.11.1.	Proceso húmedo	33
1.11.2.	Estándares de producción (tamaño y peso).....	36
1.11.3.	Atribuciones y puntuaciones de un café de especialidad	36
1.12.	El SCA (Specialty Coffee Association).....	37
1.12.1.	Estándares del SCA para determinar que es el café de especialidad	38
1.12.2.	Análisis sensorial bajo el protocolo del SCA.....	38
1.12.3.	Puntuaciones de cafés según el SCA:	40
CAPITULO II.....		41
2.	METODOLOGÍA.....	41
2.1.	Ubicación del experimento.....	41
2.2.	Equipos y materiales.....	41
2.2.1.	Materiales biológicos:	41
2.2.2.	Materiales químicos	41
2.3.	Tipo de investigación	43
2.4.	Diseño del experimento	43
2.5.	Descripción de los tratamientos.....	44
2.6.	Variables de estudio.....	45

2.6.1.	Independientes.....	45
2.6.2.	Dependientes	45
2.7.	Desarrollo del experimento	45
2.7.1.	Plan de fertilización.....	45
2.7.2.	Preparación de fertilizantes	47
2.7.3.	Aplicación de los tratamientos	47
2.7.4.	Revisión de las cintas de riego y de los goteros al azar	47
2.7.5.	Cosecha	48
2.7.6.	Evaluación de los parámetros físicos	48
2.7.7.	Beneficiado del café.....	48
2.7.8.	Evaluación de la calidad organoléptica.....	49
CAPÍTULO III.....		50
3.	Resultados y discusiones	50
3.1.	Resultados.....	50
3.1.1.	Parámetros físicos (Tamaño).....	50
3.1.2.	Parámetro físico (Peso)	52
3.1.3.	Parámetros sensoriales y puntuaciones de taza	53
3.1.4.	Puntuación de calidad en taza	53
3.1.5.	Atributos del análisis sensorial de la taza.....	55
3.2.	Discusión	56
4.	Conclusión.....	59
5.	Recomendaciones	61
6.	BIBLIOGRAFÍA	62
7.	Anexos.....	71
Autorización de publicación en el repositorio institucional		81

Índice de cuadros

Cuadro 1 Requerimiento nutricional kg/ha general de una plantación de café.....	31
Cuadro 2: Clasificación SCA para el café según el puntaje total del análisis sensorial.	40
Cuadro 3 Descripción de las dosificaciones de fertilizantes con fuentes de potasio en los tratamientos planteados para la aplicación en los respectivos bloques.	44
Cuadro 4 Plan de fertilización del cultivo de café Var. Geisha en el bloque 10 en base a los históricos de fertilización y análisis de suelos, junto con los tratamientos...	46
Cuadro 5 Análisis de varianza ANOVA del tamaño del fruto expresado en mm.....	50
Cuadro 6 Análisis de Duncan ($p < 0,05$) del tamaño (mm) de cada tratamiento.....	51
Cuadro 7 Análisis de varianza ANOVA del peso del fruto expresado en g	52
Cuadro 8 Prueba de Duncan ($p < 0,05$) del peso (g) de cada tratamiento.....	53
Cuadro 9 Análisis de varianza ANOVA para la puntuación del análisis sensorial de taza en cata.	54
Cuadro 10 Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para las puntuaciones en taza	55

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de la hacienda donde se realizó el experimento.	41
Figura 2 Tamaño del fruto frente a los 3 tratamientos aplicados.....	52
Figura 3 Peso de la cereza de cada tratamiento.....	53
Figura 4 Puntaje de cada tratamiento en taza, catados en el laboratorio.....	55
Figura 5 Resultados sensoriales realizados en el laboratorio de cata: a) Tratamiento 1, b) Tratamiento 2, b) Tratamiento 3.....	56

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de potasio a través de fertirriego, en la productividad y calidad organoléptica del café de variedad Geisha, en la Hacienda la Papaya, ubicada en el cantón Saraguro Provincia de Loja. Se utilizaron 600 plantas de café de 3 años en un área de 1500 m². Se aplicaron tres tratamientos: un control (T1), un 40% más de potasio (T2) y un 10% menos de potasio (T3), aplicados mediante fertirriego durante tres meses, desde la floración hasta la maduración, bajo un diseño de bloques al azar. Los resultados indicaron que en la variable tamaño el tratamiento T2 aumentó el tamaño de los frutos (16,85 mm) y el tratamiento T3 fue significativamente menor (15,89 mm) de igual manera en el peso de la baya el tratamiento T2 (1,89 g) fue significativamente mayor frente al tratamiento T1 (1,71 g) y el tratamiento T3 (1,66 g). Sin embargo, en cuanto a la calidad organoléptica, aunque el tratamiento T1 tuvo el puntaje más alto de 88,43, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pese a conseguir tazas de excelencias en las tres muestras según la Specialty Coffee Association (SCA). En conclusión, aunque el aumento de potasio en T2 mejoró el tamaño y peso del fruto, no se observó un impacto significativo en la calidad sensorial del café en taza, lo que sugiere que el potasio influyó más en los aspectos físicos del fruto que en su calidad organoléptica.

Palabras clave: Calidad, fertilización, fertirriego, cata, producción.

ABSTRACT

This research aims to determine the effect of potassium application via fertigation on the productivity and organoleptic quality of Geisha coffee at Hacienda la Papaya, located in the Canton of Saraguro, Province of Loja. A total of 600 three-year-old coffee plants were used in an area of 1500 m². Three treatments were applied: a control (T1), a 40% increase in potassium (T2), and a 10% reduction in potassium (T3), administered via fertigation over three months, from flowering to maturity, under a randomized block design. The results indicated that treatment T2 had a greater fruit size (16.85 g), while treatment T3 was significantly smaller fruit size (15.89 mm). In terms of berry weight, treatment T2 (1.89 g) was significantly higher compared to treatment T1 (1.71 g) and treatment T3 (1.66 g). However, regarding organoleptic quality, although treatment T1 had the highest score of 88.43, there were no statistically significant differences between the treatments despite achieving excellent scores in all three samples, according to the Specialty Coffee Association (SCA). In conclusion, although the increase in potassium in T2 improved fruit size and weight, no significant impact was observed on the sensory quality of the brewed coffee, suggesting that potassium influenced the physical aspects of the fruit more than its organoleptic quality.

Keywords: Quality, fertilization, fertigation, sampling, production.

INTRODUCCIÓN

El café junto a otros cultivos como el banano y cacao son productos de origen agrícola con mayor extensión de superficie y producción dentro del territorio ecuatoriano. Este producto representa una actividad de importancia económica y social en toda la cadena agro-productiva, abarcando distintas regiones en 23 de las 24 Provincias. El café se cultiva en sistemas agroforestales en diferentes ecosistemas y condiciones climáticas y edáficas (Ponce et al., 2018).

Entidades como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) promueven proyectos de reactivación para la caficultura brindando beneficios a organizaciones de productores (Ponce et al., 2018). En la actualidad la producción nacional del café ocupa un 3% de las exportaciones no petroleras (Pozo, 2014).

El café es considerado el segundo producto de mayor comercialización a nivel mundial después del petróleo. Hablando del café ecuatoriano es uno de los sembríos más antiguos que cada vez va tomando mayor importancia, incrementando la oferta, basándose en nuevas tendencias de consumo y el potencial que tiene el País para impulsar la producción y ofertar tanto como nacional e internacionalmente (Belduma et al., 2022).

El Ecuador debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas es conocido como uno de los productores del mejor café de América del Sur (Ponce, et al., 2018). Sin embargo, según (Ponce et al., 2016) los problemas de mayor importancia dentro del cultivo de café se encuentra la deficiente productividad, la mala calidad del grano, y la ausencia del beneficio humedo del café.

La baja productividad que caracteriza a los sistemas de producción de café en el Ecuador se debe principalmente al desconocimiento sobre el germoplasma cultivado, la mezcla de variedades o cultivares en las fincas y la falta de modernización. Estos últimos incluyen falta de fertilización adecuada, riego insuficiente, prevención y control inadecuado de enfermedades, falta de poda y capacitación sanitaria, así como falta de renovación de los cafetales, que actualmente tienen una edad promedio de 25 años. años. , lo que contribuye al bajo rendimiento (Guevara et al., 2018)

La fertilización del café en la etapa fenológica es muy importante, ya que es donde la planta tiende a absorber los nutrientes en mayor cantidad para su rendimiento, fertilizantes en los que destaca el potasio que influye en el tamaño y calidad del fruto. En muchas ocasiones no se llega a determinar el importe exacto de fertilizante a base de potasio, por lo que se comete el error de aplicar desmedidamente, o por el contrario en forma deficitaria, lo que causa daños en la calidad del fruto y el consecuente desperdicio de fertilizante (Gelacio et al., 2021).

Actualmente existen mercados exigentes de calidad en taza del cual no existen muchos productores que se enfoquen en ello, debido a su bajo conocimiento del tema. La calidad de taza se determina mediante el análisis sensorial que realizan jurados con certificación aprobada por el CQI (Coffee Quality Institute) que responde a parámetros y puntuaciones establecidas por el SCA (Speciality Coffee Association), ente que se encarga de determinar el café de especialidad, bajo puntuaciones mayores a 80 puntos sobre 100 (Trauer et al., 2019), siendo un café de gran impacto en la oferta dado su mayor valor económico.

En cuanto al café con mayor calidad de mayor demanda en el mercado de cafés especiales la variedad Geisha es la que tiene mayor impacto en el mercado, cuya ubicación geográfica de mejor adaptación es la zona alta de Panamá, marcando diferencia con otros cultivares de la misma variedad que existen en otros países (Silva, 2019).

En una investigación realizada por Toñanez et al. (2021) sobre el rendimiento y calidad mediante aplicación de fertilizantes con fuentes de potasio en el cultivo de pimiento con diferentes dosis de 50, 75, 100, 125, y 150 kg/ha, se demostró que tuvo un incremento en la calidad y rendimiento del fruto. Al igual que Guerrero., (2017), mediante una investigación bibliográfica sobre la fertilización potásica en frutales afirma que, este elemento interviene en el aumento de calidad y rendimiento en los cultivos, ya que en las distintas lecturas realizadas se observa la influencia de este fertilizante sobre los parámetros anteriormente mencionados.

En el cultivo del café Arteta (2021), concluye en su investigación que los fertilizantes de fuentes de potasio permiten reducir los aportes de cloruros para mejorar la productividad y calidad de este producto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de potasio a través de fertirriego, en la productividad y calidad organoléptica del café de variedad Geisha, en la Hacienda la Papaya en el periodo del 2023.

Objetivo específico

- Establecer la dosis de fertilización adecuada para el café de variedad Geisha, en función de los históricos de fertilización, análisis de suelo y requerimientos del cultivo, para ser aplicados mediante fertirrigación.
- Evaluar la aplicación de 3 dosis diferentes (alto, medio y bajo) de potasio aplicadas en fertirriego, sobre los parámetros productivos de tamaño y peso del café de variedad Geisha.
- Analizar la calidad organoléptica del café variedad Geisha en base al puntaje establecido por protocolo del SCA y CQI frente a diferentes dosis de potasio.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Origen del café

El café (*Coffea arabica L.*) un género de plantas que pertenece a la familia Rubiaceae, tiene orígenes en tierras de Etiopía y Sudán ubicados en la región ecuatorial de África. Actualmente, el café se produce en diversos países de Sudamérica, considerándose como un cultivo de alta importancia (Cimat, 2006).

La primera evidencia del consumo de café viene de la región de Kaffa en Etiopía, donde las tribus locales consumían las bayas de café crudas o hacían alguna preparación con ellas. Este conocimiento del café como estimulante se transmitió de generación en generación y, finalmente, en algún momento entre los siglos IX y XIII, comenzó a cultivarse y utilizarse en Yemen (Armijos, 2020).

Sin embargo, en el siglo XVII los europeos introdujeron el café en su continente y posteriormente en las colonias que fundaron en América, Asia y África. El cultivo del café se extendió rápidamente por todo el mundo, adaptándose a las diferentes condiciones climáticas y convirtiéndose en uno de los productos agrícolas de exportación más importantes de muchas naciones (Armijos, 2020).

1.2. Taxonomía del café

Reino: Plantae

Departamento: Angiospermas (plantas con flores)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledónea)

Orden: Gentianales

Familia: Rubiáceas

Género: Café

(Herrera & Cortina, 2013).

1.3. Morfología

La morfología tiene diferencias de acuerdo con las variedades y a las condiciones que se encuentre el cultivo, pero se puede mencionar ciertas características de manera general de una planta de café.

El cafeto o planta, se trata de un arbusto perenne el cual su altura varía dependiendo de las condiciones en el cual se encuentre, así si se le aplica un adecuado manejo agronómico se le puede convertir en un arbusto pequeño de hasta 3 metros y en su estado natural puede oscilar hasta los 10 metros de altura (Pincay, 2022).

1.3.1. Raíz

Tiene importancia en la planta debido que la raíz es la encargada de absorber y transportar nutrientes por todas sus partes. Esta cuenta con un sistema radicular superficial con el 60% se encuentra a los primeros 30 cm de profundidad, en cuanto a la raíz pivotante llega hasta una profundidad de más de 1 metro (Figuerola et al., 2016).

1.3.2. Tallo

El tallo es erecto, leñoso, su tamaño varía dependiendo del suelo y clima, en variedades comerciales alcanza de 2-5 metros de altura, en planta adulta es de forma cilíndrica, cuadrangular en la parte superior y de color verde. Su peculiaridad es la

formación de tres tipos de yemas, a partir de las cuales se forman distintas partes de la planta: tallo, bandolas y hojas (Pincay, 2022).

1.3.3. Hojas

Las hojas del cafeto crecen opuestas, rectas y de forma elíptica. Son de un color verde oscuro brillante arriba y de un tono más claro abajo. Las hojas pueden variar de tamaño según la especie y variedad (Suazo, 2020).

1.3.4. Flores

Brotan en las axilas de las hojas y son pequeñas, de forma estrellada. Son hermafroditas, lo que significa que contienen tanto órganos masculinos como femeninos, permitiendo la autopolinización. Su color es principalmente blanco, aunque algunas pueden presentar suaves tintes rosados. Además, desprenden un aroma delicado y agradable, que es característico de la planta. Estas flores, aunque efímeras, son cruciales en el ciclo de producción del café, ya que de ellas se desarrollan los granos de café (Suazo, 2020).

1.3.5. Frutos

Los frutos son drupas comúnmente conocidas como “cerezas”. El color varía del verde al rojo según el grado de madurez. Cada fruto suele contener dos semillas de café, aunque ocasionalmente solo puede estar presente una semilla en el fruto (monospermo). Su estructura está compuesta el epicarpio o cascara, el mesocarpio o mucílago miel, el café pergamino, espermodermo o película plateada, y el café verde (Figuroa et al., 2016).

1.3.6. Semillas

Las semillas de café, comúnmente llamadas “granos de café”, son las partes comestibles y comercialmente valiosas de la planta. Tienen forma ovalada y están protegidos por una cáscara dura. Las semillas tienen un extremo aplanado llamado “cara plana” y un extremo convexo llamado “cara cóncava” (Gómez, 2010). La calidad del grano de café se evalúa en gran medida por el tamaño, la forma y la densidad de las semillas (Peñuela & Sanz, 2021).

1.4. Cultivo de café en el Ecuador

El café llegó al Ecuador en el siglo XVIII, por los jesuitas españoles que cultivaban en las regiones montañosas del país. La altitud y el clima del Ecuador eran ideales para el cultivo y su producción de alta calidad. Debido a su alto valor monetario la producción de café se convirtió en una actividad agrícola de gran trascendencia y rápidamente se convirtió en una importante fuente de ingresos para la nación (Castro & Barrezueta, 2020).

1.5. Variedades de café cultivadas en Ecuador

A nivel nacional dentro del cultivo del café existen dos especies comúnmente cultivadas como son el café arábigo y robusta que crecen en las cuatro regiones (Costa, Sierra, Amazonia y Galápagos). Estas dos especies se caracterizan por su adaptabilidad desde los 0 m.s.n.m. hasta los 2000 msnm (Macas, 2021).

Los autores Castro & Barrezueta (2020) mencionan que Ecuador es uno de los pocos países en el mundo que exporta en grandes cantidades estas dos variedades de café gracias a su ubicación geográfica y a la disponibilidad de tierras aptas para su cultivo.

Hoy en día, el café ecuatoriano es muy valorado por su alta calidad y sabor único. Según (Milla et al., 2019), La producción de café es el principal producto de agroexportación y un importante impulsor de la economía nacional, en donde en zonas como Loja, Zamora Chinchipe, Manabí, Pichincha, Imbabura y Napo las cuales producen una variedad de cafés (arábica y robusta) muy valorados en todo el mundo. Además, el café se ha convertido en una parte integral de la cultura ecuatoriana, con muchos cafés y eventos que celebran esta aromática bebida.

Los caficultores ecuatorianos de especialidad están dedicados a producir café de la más alta calidad, utilizando prácticas agrícolas sostenibles y técnicas de procesamiento innovadoras para resaltar las características naturales del café. Además, muchos de estos productores están comprometidos con programas de comercio justo y desarrollo comunitario para apoyar a las comunidades locales y promover la sostenibilidad en la industria del café (Belduma et al., 2022; Ponce et al., 2018).

1.5.1. Variedad de Café arábico (*Coffea arábica*)

Esta variedad tiene su origen en las zonas altas de Etiopía y con posibles cultivos en África y Arabia en Asia, es de la variedad más antiguas y cuenta con el 70% de producción a nivel mundial, se tiene mejores resultados del cultivo en zonas pendientes con alturas sobre el nivel del mar de 1 600 y 2 800 metros. Esta variedad exige precipitaciones anuales de 1900 mm y temperaturas de 18 a 20 °C. Es un tipo de café apetecido por los consumidores debido a su calidad alta y la suavidad en aromas, además tiene el valor más alto en el mercado, también se debe tener mayor cuidado a diferencia de la otra variedad esta es más susceptible a las enfermedades y su producción es más baja de este se derivan otras variedades como: Caturra, Mundo Novo, Tico, San Ramón,

Jamaica Blue Mountain, el Geisha entre otros. El café arábigo tiene su primera cosecha a los 4 años y su tiempo de vida útil dura hasta los 20 o 30 años (Macas, 2021).

1.5.2. Variedad Café Robusta (*Coffea canephora*)

Es una variedad originalmente cultivada en África, la planta presenta resistencia a cambios de temperaturas y a enfermedades su adaptabilidad se da en alturas por debajo de los 700 msnm con precipitaciones de entre 2000 a 3000 mm y temperaturas de 24 a 30 °C. esta variedad requiere de menos cuidados que la arábica y su producción es superior, sin embargo, en cuanto a la calidad es bastante inferior en ello el amargor se duplica al de la variedad Arábica (Jiménez & Massa, 2015). Actualmente es cosechada en países diferentes a África como en India, Indonesia, Madagascar, Brasil, Filipinas y Ecuador (Macas, 2021).

1.5.3. Variedad de Café Geisha

El café arábica Geisha, originario de una región cercana a una montaña en Etiopía cuyo nombre se traduce comúnmente al inglés como Geisha, es actualmente una de las variedades más demandadas en el mercado. Su alta demanda se debe a los resultados excepcionales que ofrece en taza, destacándose por sus delicados aromas florales, con notas de jazmín y melocotón. Hoy en día, es una de las variedades más valoradas y catalogadas en el mundo del café. (Esteve, 2023).

El país con mayor adaptabilidad y potencial de calidad para el café Geisha es Panamá, especialmente en las zonas más altas, cuyas tierras son similares a las intertropicales de Ecuador. Desde su descubrimiento, el impacto de esta variedad en el comercio de cafés especiales ha sido bastante significativo. Actualmente, se cultiva en

pequeñas cantidades en varios países, y se han logrado obtener aromas y sabores distintivos que difieren de los de las variedades tradicionales (EcuRed, 2019).

1.6. Características agroclimáticas para la plantación de café.

Al igual que cualquier cultivo, el cafeto demanda condiciones ambientales necesarios para el desarrollo y producción en el cual todas tienen importancia, se presenta las exigencias agroclimáticas de manera general para el cultivo de café.

1.6.1. Altitud y temperatura

La altura afecta directamente a los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 2000 msnm. Por encima de esta altitud, existen graves restricciones al desarrollo de las plantas. La temperatura media anual apta para el cafeto se sitúa entre 17 y 25 °C. A temperaturas inferiores a 10 °C se produce coloración amarillenta y parálisis del crecimiento de las hojas jóvenes. Se ha demostrado que la fotosíntesis en las hojas de café es mucho menor cuando se exponen a plena luz solar que cuando se exponen a luz indirecta o difusa de baja intensidad. Se sabe que por cada grado que aumenta la temperatura por encima de los 24 grados Celsius, la concentración interna de CO₂ aumenta en 20 ppm/cm², lo que provoca que las estomas de las hojas se cierren (García L. et al., 2014; López et al., 2021).

1.6.2. Humedad relativa

El cultivo requiere una humedad de 65 a 90% debido a que, si llega a ser mayor, la probabilidad de que la planta se enfermen por hongos, por lo que la humedad debe ir a la par con las lluvias (Figuroa et al., 2016).

1.6.3. Precipitaciones

Las precipitaciones de 1600 a 1800 mm se consideran ideales para el café. La cantidad y distribución de las precipitaciones anuales son muy importantes para el crecimiento exitoso de los cafetos. Si es inferior a 1000 mm por año, la planta crecerá lentamente y el rendimiento del próximo año será limitado. Además, la sequía prolongada provoca la defoliación y, finalmente, la muerte de la planta (Guerrero et al., 2020)

1.6.4. Condiciones edáficas

El suelo adecuado para el cultivo debe permitir la aireación y la retención de humedad, que son esenciales para un buen desarrollo del sistema radicular. Las raíces necesitan aireación para respirar y humedad para que los nutrientes se disuelvan en agua, sean absorbidos por las raíces y transportados a todas las partes de la planta. La acidez es un factor importante para el transporte de nutrientes por lo que requiere un pH de 5 a 5.5 (Ponce, 2012).

1.7. Café de especialidad

La calidad del café es importante tanto para los productores como para los consumidores. Esto se debe a que los productores se esfuerzan por mejorar sus habilidades y calidad para aumentar la demanda del mercado, mientras que los consumidores están interesados en probar y disfrutar los aromas y sabores que el café de buena calidad tiene para ofrecer (Hernández & Echeverri, 2022).

La definición de café de especialidad es " La revitalización del arte de cultivar, tostar, preparar y disfrutar bebidas con aroma y sabor superiores". El café de especialidad se elabora a partir de los principales granos de café Arábica del mundo, que se someten a

un proceso de tostado para mejorar su potencial de sabor. Los jueces de taza certificados (Q Graders) de la Speciality Coffee Association caracterizan los cafés especiales según la metodología internacional del Q Coffee System internacional (Carvalho & Spence, 2018).

Según la Speciality Coffee Association, para ser considerado café especial, un café debe alcanzar una puntuación mínima de 80/100 cuando lo evalúa un productor de café certificado. Durante esta cata (cupping) se comprueba la calidad del café verde, sus propiedades organolépticas y su resultado en taza.

Para ser considerado café de especialidad, debe cumplir con estándares de calidad específicos establecidos por organizaciones como la Specialty Coffee Association (SCA). Estos estándares abarcan diversos aspectos, incluyendo la variedad cultivada, las condiciones de crecimiento, la altitud, los métodos de cosecha y procesamiento, así como la evaluación sensorial realizada por catadores profesionales. La calidad se mide a través de una degustación detallada que examina el perfil de sabor y otros atributos del café (Amil, 2018).

1.8. Plagas y enfermedades

El cafeto es afectado por plagas y enfermedades por diversas razones como la edad de la plantación, la variedad, y las condiciones climáticas y el manejo de sombras, en cuanto al impacto de variedades se conoce a los arábigos más susceptibles a las plagas mientras que el *Canephora* demuestra mayor resistencia y tolerancia antes estas plagas que afectan de forma radical al cultivo (Suazo, 2020).

1.8.1. Plagas

Según (Benavides et al., 2013) el cultivo de café es susceptible a ataques de artrópodos, que, dependiendo de las condiciones climáticas, sistemas de cultivo o desequilibrios biológicos, pueden causar daños importantes y perjudicar el desarrollo y la producción de las plantas, el autor señala las siguientes plagas con mayor impacto en el cultivo de café:

- Broca de café (*Hypothenemus hampei*): Es una de las principales plagas del cultivo del café en muchas partes del mundo. Perfora las cerezas del café y causa daños directos a los granos, reduciendo la calidad y el rendimiento de la cosecha.
- El minador de las hojas del cafeto (*Leucoptera coffeellum*): Interfiere con la fotosíntesis y reducen la capacidad de la planta para producir alimentos. La defoliación severa puede reducir el rendimiento del café y afectar la salud general del cafeto.
- Cochinillas harinosas de las raíces del cafeto: Afectan el sistema radicular de los cafetos y causan daños importantes. Estas chupan la savia de las raíces, debilitando la planta y reduciendo su vigor. Las raíces dañadas son más susceptibles a infecciones bacterianas y fúngicas secundarias.
- La arañita roja del café (*Oligonychus yothersi*) (*Acari: Tetranychidae*): Es una plaga importante que afecta los cafetales en climas cálidos y secos. Provoca graves daños en las hojas de los cafetos, provocando clorosis y secado de las hojas, lo que reduce el rendimiento y la calidad del café.
- Agente causal de la chamusquina del café (*Monalonion velezeangeli*): También conocida como "ojo de gallo", es una enfermedad fúngica que afecta a las plantas de

café. Las condiciones favorables para la enfermedad incluyen altas humedad y temperaturas moderadas, así como sombra densa y poco flujo de aire en las plantaciones .

1.8.2. Enfermedades

Las enfermedades de mayor impacto económico para el cultivo son:

- **Roya de café:** originada del hongo *Hemileia vastatrix*, causa lesiones en las hojas, cuyos síntomas se observan como puntos cloróticos o amarillo pálido. Esto implica que afecta directamente a la función fotosintética de la planta evitando la respiración y transpiración provocando incluso la muerte de la planta. en otros casos afecta al cuajado y maduración de los frutos. De esta manera ocasionan daños severos con el 23% de pérdidas de la producción acumulada en cuatro cosechas (Anacafé, 2019).
- **Ojo de gallo:** Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Cercospora coffeicola*, ataca a la plantación en el estado de desarrollo desde las hojas cotiledonares hasta los frutos, surge durante la época seca donde la plantación tiene demasiada exposición al solo por falta de sombra y también en las épocas lluviosas, que tiene como características de presentarse como manchas grandes y oscuras en las hojas provocando su caída y aumentando la producción de café de mala calidad como café pasilla, mediacara y guayaba (Suazo, 2020).
- **Mancha de hierro:** Esta enfermedad es producida por el hongo *Mycena citricolo*. Se presenta en sitios con humedad y temperaturas altas, esta enfermedad se reconoce por manifestar manchas de medio centímetro en

las hojas que consiguientemente incitan su caída y afecta la producción del café (Anacafé, 2019).

Los controles se pueden realizar con el uso de agroquímicos, el uso de agentes biológicos como depredadores, también el uso de variedades resistentes. En otros aspectos se puede prevenir con el manejo de sombras y de humedad del cultivo (Benavides et al., 2013).

1.9. Fertilización del cafeto

Al igual que cualquier otro cultivo la fertilización es uno de los pilares fundamentales que cumplen con las necesidades nutrimentales en las plantas que son variadas dependiendo del estado de desarrollo, en ello se distingue las 4 etapas y son: germinación, almacigo, crecimiento vegetativo y producción. Dentro de los cafetales un factor que incrementa su productividad es la adecuada práctica de la fertilización (Sadeghian, 2008; Salamanca & González, 2020).

Una planta de café con una excelente nutrición se refleja en la calidad del fruto, que muestra resistencia a plagas y climas adversos. El manejo de la fertilización en el cultivo de café generalmente se basa en la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, ajustada según los análisis de las necesidades específicas de las plantas. Por ello, se recomienda considerar factores como las etapas de desarrollo, la densidad de siembra, las condiciones del suelo, los tipos de fertilizantes y los métodos de aplicación para optimizar el crecimiento y la producción del café (Calero, 2021; Salamanca & González, 2020).

Implementar un programa de fertilización ayuda a gestionar los nutrientes de manera más eficiente, asegurando que se introduzcan en cantidades adecuadas y equilibradas. Estas buenas prácticas permiten un desarrollo óptimo de las plantas, lo que

se traduce en café de alta calidad y una mayor resistencia a plagas y condiciones ambientales extremas (Macas, 2021).

1.9.1. Requerimiento nutricional de las plantaciones de café

Los requerimientos del cafeto incluyen una alta demanda de nitrógeno y potasio, mientras que el fósforo suele ser necesario en menores cantidades, aunque todos estos elementos son importantes para la planta. El nitrógeno es crucial para el desarrollo de las plantas y se ha identificado como un factor limitante en su crecimiento. Una deficiencia de nitrógeno puede reducir significativamente la producción vegetal. Este elemento es esencial para mantener el vigor y la frescura de las plantas, y se absorbe rápidamente debido a su alta demanda. Por lo tanto, es fundamental incorporar nitrógeno en el suelo de manera oportuna y en cantidades adecuadas para asegurar un desarrollo óptimo y una buena producción de café (Macas, 2021).

El fosforo es un elemento primario considerado esencial para las plantas, ya que es un contribuyente en los sistemas primarios de los sistemas que se encargan de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía y es de interés primordial para la composición de macromoléculas como nucleicos y fosfolípidos (Fernández, 2007). El potasio tiene su relevancia en el cultivo de café ya que es el encargado de la formación de frutos juega un papel importante en la activación enzimática del cultivo.

Para el desarrollo de las plantas y mejorar la producción del café es importante conocer las necesidades nutrimentales del cultivo y las condiciones de los suelos. En cuanto para una buena producción Sadeghian (2008) presenta las necesidades generales de una plantación de café:

Cuadro 1 Requerimiento nutricional kg/ha general de una plantación de café

Elemento	kg/ha
Nitrógeno (N)	560
Fósforo (P)	52
Potasio (K)	520
Calcio (Ca)	240
Magnesio (Mg)	60-120
Azufre (S)	1,21
Boro (B)	0,51
Hierro (Fe)	0,107
Cobre (Cu)	0,033
Manganeso (Mn)	0,061
Zinc (Zn)	0,018

Fuente: Sadeghian (2008)

1.9.2. Fertilización potásica

Para lograr una alta productividad y calidad en el cultivo del café, es crucial el uso adecuado de fertilizantes ya que esta práctica favorece en el desarrollo óptimo de las plantas, teniendo como resultado un producto seguro y de alta calidad. Los principales fertilizantes utilizados incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc. Entre estos, el potasio juega un papel fundamental en la correcta formación y llenado de los frutos, contribuyendo significativamente a la calidad del café. (Salamanca & González, 2020)

La fertilización con potásica es crucial para la producción de café. En suelos nutritivos, la falta de potasio puede reducir la productividad hasta en un 30%. Este

nutriente es el segundo más importante para el cultivo de café después del nitrógeno. Al igual que el nitrógeno, el potasio se acumula significativamente en la parte aérea de los cafetales. Además, ambos nutrientes son esenciales para el desarrollo del fruto durante la fase de crecimiento del café (Sadeghian, 2008).

1.9.3. Función del potasio en las plantaciones

El potasio es un nutriente macro de importancia para las plantas que lo requiere las plantas en grandes cantidades para el desarrollo y crecimiento de los cultivos, el primer papel que empeña en varios procesos fisiológicos es: la osmorregulación, la síntesis de los almidones, la activación de las enzimas, la síntesis de las proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Kant & Kafkafi, 2002).

La nutrición basada en potasio favorece el crecimiento del tronco, la formación de raíces y el desarrollo de más de 60 enzimas, aumentando así la resistencia del café a plagas. Además, el potasio contribuye a la absorción de nutrientes adicionales y al llenado de los frutos, ya que transporta los componentes desde las hojas hasta los granos, mejorando su calidad. Además, participa directamente en el proceso de fotosíntesis, contribuyendo a la formación y transporte de proteínas y carbohidratos. El cloruro potásico (KCl), el sulfato potásico (K₂SO₄) y el nitrato potásico (KNO₃) son los principales fertilizantes potásicos del mercado, con un 60%, 50% y 44% de K₂O, respectivamente (Muñoz et al., 2019; Vieira, 2017).

1.10. Fertirriego

La fertirrigación es un método de fertilización y riego que combina el uso de agua y nutrientes disueltos en una solución de riego. Este método es muy eficaz y preciso porque los nutrientes van directamente a las raíces de las plantas y allí son absorbidos

inmediatamente. Desde un punto de vista teórico, la fertilización se basa en varios principios básicos: Transporte de nutrientes en el suelo: El suelo funciona como vehículo de transporte de nutrientes disueltos en el agua de riego. Los nutrientes pasan de la solución del suelo a las raíces de las plantas mediante difusión y flujo de masa. Absorción de nutrientes por las plantas (Martinez et al., 2006; Martínez et al., 2014).

1.10.1. Interacción entre suelo, planta y agua:

La fertirrigación implica una estrecha interacción entre el suelo, las plantas y el agua de riego. Al diseñar un programa de fertilización, es importante considerar las propiedades del suelo, las necesidades de nutrientes y de agua de las plantas. Cuando los nutrientes llegan a las raíces de las plantas, son absorbidos por los pelos radiculares y transportados a través de la xilema a otras partes de la planta, donde se utilizan para el crecimiento y el desarrollo (Seleiman et al., 2020)

1.11. Beneficiado del café

El propósito del beneficiado es mantener la calidad de los granos de café, en ello implica todo el proceso del manejo cultural en el campo y la implementación de buenas prácticas en el trayecto del proceso, sin embargo, la mala práctica en estos procesos llevaría a que el grano de café pierda su calidad tanto físico como sensorial (Peñuela & Sanz, 2021)

1.11.1. Proceso húmedo

El beneficio húmedo consiste en la transformación del café cereza maduro mediante actividades como el boyado, el despulpado, la fermentación y el lavado hasta

conseguir el café pergamino húmedo y después del proceso de secado y trillado, hasta obtener como producto final el café lavado (Barrios et al., 2018).

Los autores Peñuela & Sanz (2021) indican como buenas prácticas para mantener la calidad del grano el siguiente proceso para el beneficiado del café:

- **Recolección:** Una vez el fruto alcanza el punto de maduración en la planta, se procede a la recolección, para ello se debe tener en cuenta que al momento de la cosecha se debe tomar únicamente los frutos en buen estado y en su maduración óptima. Para ello los autores indican que una colección de calidad es característico tener por encima del 85 % de frutos maduros y el 2,5% de frutos verdes aparte de hojas, tallos secos que puedan ir junto la cosecha.
- **Recepción y clasificación de frutos:** El café recolectado es llevado al acopio donde se hará un control de la cosecha y se realizará la clasificación de frutos verdes y sobre maduros basuras como palos hojas que sin querer entra en la cosecha, también se realiza la selección hidráulica o el boyados donde se inunda en tanques de agua el café para que los elementos no deseados floten y sean más fácil de separarlos. Hay que tomar en cuenta que no se deben juntar con otras cosechas de otros días.
- **Despulpado:** El despulpado se realiza en la maquina despulpadora con el fin de separar la cascara del pergamino o semilla, aquí es importante el correcto calibre de las máquinas para no causar daños mecánicos como cafés trillados o mordidos que perderían su calidad y también que algunos granos mantengan la cascara y se vayan junto con el desecho.

- Remojo: Este paso se realiza para que sea más fácil la remoción del mucilago, se deja el café despulpado en agua en tanques durante una noche por no más de 12 horas.
- Remoción del mucilago y lavado: Esta práctica se realiza para lograr retirar el mucilago del grano de café, se puede hacer en el mismo tanque aplicando la técnica de cuatro enjuagues agitando con una paleta o también realiza en máquinas para mayor agilidad. Esta práctica radica para evitar contaminaciones cruzadas del pergamino y evitar sabores no deseados causando defectos de calidad, por lo que cabe recalcar el uso de agua siempre limpia
- Secado: En esta actividad el objetivo es disminuir el contenido de humedad del grano de un 10 al 12%, por eso es recomendable el monitoreo constante. El café lavado es llevado a salas de secado y tendidos en camas o a secadoras mecánicas, independientemente del método de secado cabe recalcar que la temperatura debe mantenerse por debajo de los 50 °C ya que el grano puede llegar a cristalizarse y dañaría la calidad generando una taza de mala calidad (Osorio, 2021).
- Almacenamiento: Se realiza en empaques especializados que puedan mantener la humedad, los cuartos de almacenamientos deben contar con ventilación libre, disponer de estibas que eviten el contacto del café con el piso, para el apilamiento es importante que las rumas estén separadas de las paredes y ventanas, y lo más importante el lugar debe estar libre de agroquímicos u otras sustancias que provoquen contaminaciones químicas (Pabón & Osorio, 2019).

- **Control de calidad:** Se determina a partir la calidad física de la almendra verde que refiere a la presencia de granos sin defectos, lo cual es crucial para garantizar un producto de alta calidad. En términos de rendimiento, se estima que se requieren aproximadamente 90 kg de café pergamino para obtener 70 kg de café excelso. Este factor es clave para evaluar la eficiencia y la calidad del proceso de producción (Osorio, 2021).

1.11.2. Estándares de producción (tamaño y peso)

Las características físicas de un fruto de café dependen de muchas variables como la variedad, el manejo cultural, la fertilización, el manejo de sombra, la época de cosecha y la altitud, las investigaciones realizadas por Imbachí et al. (2023), demuestra que los granos de café tienden a tener tamaños de 10 mm hasta los 15 mm, y un peso hasta de 2 g en alturas de 1 400-1600 msnm. El autor menciona que existen cada vez nuevas variedades que dan frutos de excelencia y con mayor tamaño y peso, también es importante tomar en cuenta el contenido de la baba que se encuentra en el fruto.

1.11.3. Atribuciones y puntuaciones de un café de especialidad

Un café de especialidad está determinado por un conjunto de características La calidad del café está determinada por un conjunto de características químicas, microbiológicas, físicas y sensoriales que promueven a tener un valor más alto en el mercado atribuyendo mayor ingreso a los productores. La calidad física está enfocada desde el tamaño y peso de la cereza, el mantenimiento del café pergamino y el café en almendra. En la calidad sensorial del café está determinada por la formalidad de elaboración normalizada de muestras y de valoración de los atributos, con el fin de analizar los atributos para después calificar de manera numérica cada taza. (Osorio, 2021)

Aunque existen otros protocolos y escalas de la valoración de la calidad sensorial del café, la de mayor difusión están desarrollados por la Speciality Coffee Association (SCA), que registra atributos de dulzor, taza limpia y uniformidad para analizar las tazas de café.

1.12. El SCA (Specialty Coffee Association)

La Asociación de Cafés Especiales (SCA) es una organización mundial líder dedicada a la promoción y el desarrollo de la industria del café especial. Fundada en 2017 como resultado de la fusión entre la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA) y la Asociación de Cafés Especiales de Europa (SCAE), la SCA se basa en décadas de experiencia y liderazgo en café de alta calidad (Mesas, 2020).

La misión de SCA es promover la excelencia, la sostenibilidad y la equidad en la industria del café especial a través de la educación, la capacitación, la investigación y la promoción. La organización está comprometida a ayudar a los productores, tostadores, baristas, importadores, exportadores y consumidores de café a mejorar la calidad y la sostenibilidad del café en todas las etapas de la cadena de suministro. Estos incluyen el prestigioso Campeonato Mundial de Baristas, la Copa Mundial de Elaboración de Café, el Programa Coffee Skills y una variedad de cursos de certificación en catación, tostado, barismo y preparación de café (Aprendizaje y Cultura Cafetalera, 2023).

Además, la SCA establece estándares y protocolos en áreas críticas de la industria del café, como catación, tostado, preparación del café y sostenibilidad. Estos estándares son reconocidos y aplicados por profesionales y empresas de todo el mundo para garantizar la calidad y consistencia en la producción y el servicio del café. Todo esto es

atribuido por personas certificadas por el Coffee Quality Institute (CQI) (Aprendizaje y Cultura Cafetalera, 2023)

1.12.1. Estándares del SCA para determinar que es el café de especialidad

La Speciality Coffee Association tiene claro que promover el café de especialidad es uno de sus fuertes, por lo que comparte con el mundo la importancia de este producto en el mercado y cómo distinguirlo del café comercial. Para ser considerados "especiales" por la SCA, estos granos de café pasan por un riguroso proceso y son evaluados según los siguientes criterios (Mesas, 2020):

- **Recolección:** Se refiere a la recolecta de los frutos maduros y buenas condiciones en la cosecha donde debe realizarse manualmente considerando que al no respetar este proceso afectaría el aroma y el sabor del café.
- **Descarte:** Se realiza en el acopio donde las bayas son seleccionadas y pasadas por el control de calidad donde pasan únicamente granos sin defecto.
- **Tueste y preparación:** Se lleva a cabo en máquinas tostadoras, con un determinado tiempo no más de 12 minutos, el tipo de tueste de cafés especiales es el tueste medio.

1.12.2. Análisis sensorial bajo el protocolo del SCA

Una vez pasado por los controles de calidad de granos, del tueste, para cumplir con los protocolos del SCA la cata se debe llevar en cinco tazas, para determinar la probabilidad de algún defecto del café. La cantidad recomendada para la preparación de la taza es de 8,25 g de café por cada 250 ml de agua. Aquí se recomienda pesar y moler los granos de manera individual por taza, hay que asumir también que el café molido no

debe pasar más 15 minutos hasta añadir el agua y se debe tapar cada muestra. (Mesas, 2020).

Según Osorio (2021) el análisis sensorial del café se determina bajo protocolos que estandarizan las muestras, se evalúan los atributo

- Fragancia/aroma: Aspectos olfativos percibidos del café, incluye fragancias y aromas.
- Sabor: Es la característica principal del café, que combina todas las sensaciones gustativas y aromas retro nasales (van desde la boca hasta la nariz).
- Sabor Residual: Es la duración de los sabores que permanecen en la boca luego de descartar la bebida.
- Acidez: Se define a la sensación que hace salivar en la lengua, que comúnmente se deduce como brillante de manera positiva o agria cuando el sabor menos favorable.
- Cuerpo: Asocia la textura al carácter y fuerza de la bebida, su calidad se basa en la impresión de pesadez del líquido en la boca, como es percibida en el paladar.
- Balance (o Equilibrio): Integra aspectos como el sabor residual, la acidez y el cuerpo del café, que complementan el uno al otro dando como resultado el balance.
- Impresión global o puntaje del catador: Resume las características sensoriales evaluadas de la bebida.

1.12.3. Puntaciones de cafés según el SCA:

Si el café cumple con todos los parámetros planteados antes y después del análisis sensorial se evaluará mediante las normas del SCA y se dará las puntuaciones que amerite, en lo cual se determinará si es un café especial en una escala de 0 a 100 puntos tomando en cuenta que para que un café sea de especialidad debe estar por encima de los 80 puntos (Pabón et al., 2021) :

Cuadro 2: Clasificación SCA para el café según el puntaje total del análisis sensorial.

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	
95-89,99	Excelente	Especialidad
80-84,99	Muy bueno	
<88,0	Debajo de la calidad especial	No especialidad

Fuente: Osorio (2021)

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Hacienda la Papaya que, ubicado en la parroquia Tenta, en el cantón Saraguro de la provincia de Loja.

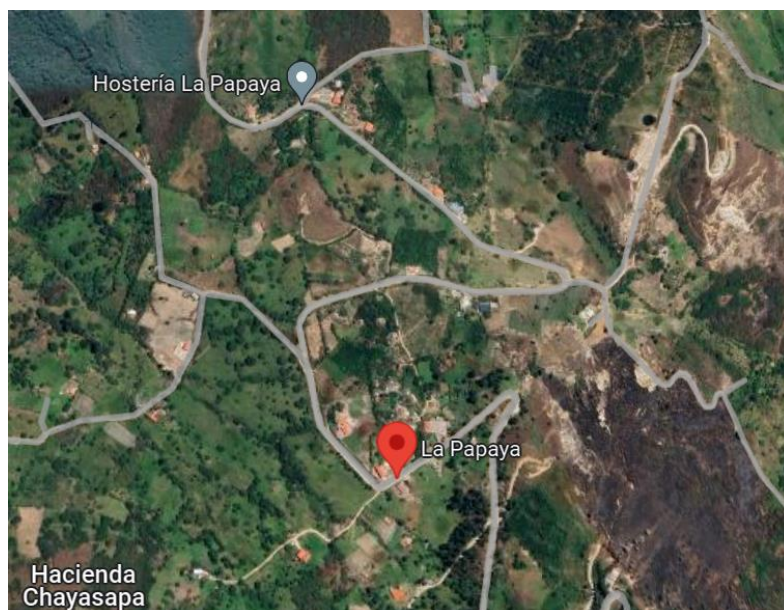


Figura 1 Mapa de ubicación de la hacienda donde se realizó el experimento.

Fuente: (Google Earth, 2024)

2.2. Equipos y materiales

2.2.1. Materiales biológicos:

- Plantas de *Coffea arábica* var. Geisha.

2.2.2. Materiales químicos

- Fertilizantes con fuentes de potasio
- Análisis de suelo.

- Agua de riego

Equipos:

- Sensores edafoclimáticos
- Balanza
- Calibrador
- Válvulas de riego
- Inyector Venturi
- Sistema de riego
- Libreta de campo
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Recipientes para mezcla de fertilizantes
- Cubetas
- Canastillas
- Manómetro
- Medidor de pH
- Molinillo de café
- Tostadora de café
- Tazas (bowl cupping)
- Fundas de cierre hermético
- Camas de secado

2.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo donde se analiza los diferentes comportamientos de las variables en base a cada tratamiento, a lo que se procede a valorar la factibilidad de utilización de los productos en estudio mediante un análisis estadístico de la producción por tratamiento.

2.4. Diseño del experimento

La presente investigación está planteada mediante un diseño experimental completamente al azar, en el cual se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones, dando un total de 9 unidades experimentales, el estudio tiene como propósito evaluar el comportamiento del café en los parámetros físicos como el tamaño y el peso del fruto de café y la calidad en taza como producto final frente a la aplicación de las dosis planteadas en cada tratamiento junto con el testigo. Los tratamientos fueron aplicados mediante el fertirriego con un plan de fertilización que fueron propuestas por los técnicos de la hacienda a partir del análisis de suelo general del cultivo.

Para el experimento se contó con una plantación de 1500 m² con 638 plantas de Coffea Arábica var. Geisha, se divide en 3 bloques experimentales, cada uno con una válvula individual desde la manguera principal del sistema de riego. Cada válvula y/o bloque está dividido en tres repeticiones: parte media, parte lateral izquierda y parte lateral derecha. Se tomaron datos de 10 plantas en cada repetición (10 % del total de plantas en cada repetición) para evaluar las variables de producción y calidad organoléptica (taza) del café.

Se analizó las variables de estudio mediante un ANOVA de una vía y su respectiva prueba post-hoc de Duncan ($p < 0,05$). Se utilizó una prueba de Duncan debido a que los

grupos contenían medias aritméticas y el análisis fue múltiple. Posterior a la prueba de Normalidad (Shapiro Wilk modificada para Diseños experimentales) realizada en el programa estadístico InfoStat (2020).

2.5. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se establecen en función de los resultados de los análisis de suelo y el requerimiento del cultivo y plan de fertilización de acuerdo a las experiencias de los datos históricos del manejo de la hacienda que corresponde al cultivo de Variedad Geisha, en donde se propone únicamente variar el macroelemento Potasio (K); a través de: Nitrato de Potasio, Muriato de Potasio, Sulfato de Potasio, Fosfato Mono potásico dosificados en un tanque de 200 litros de agua, en un periodo de 3 meses (Cuadro 2).

Cuadro 3 Descripción de las dosificaciones de fertilizantes con fuentes de potasio en los tratamientos planteados para la aplicación en los respectivos bloques.

Tratamiento	Agua (L)	Nitrato de Potasio (Kg)	Muriato de Potasio (kg)	Sulfato de Potasio (kg)	Fosfato Monopotásico (kg)	Dosis
Tratamiento T1 (Testigo)	200	8	4	2	7,56	-----
Tratamiento T2	200	11,2	5,6	2,8	10,584	Mas 40%
Tratamiento T3	200	7,2	3,6	1,8	6,804	Menos 10%<

Nota: La variación de las dosis para las repeticiones se basa en el costo de cada fertilizante

2.6. Variables de estudio

2.6.1. Independientes

Hace referencia a los tratamientos nutricionales aplicados en fertirriego a base de potasio mencionados anteriormente, como base del experimento.

2.6.2. Dependientes

Consta los parámetros de: “peso, tamaño, calidad organoléptica” lo que dependerá de la aplicación del fertirriego con su respectiva formulación.

2.7. Desarrollo del experimento

2.7.1. Plan de fertilización

Para establecer la dosis para el café de variedad Geisha se partió desde el análisis de suelos realizados, los históricos de fertilización que se estuvo aplicando durante el 2022 hasta el año 2023 en la hacienda y en base las investigaciones sobre las necesidades nutricionales en el cultivo de café se planteó las dosis para la fertilización que se involucraron el uso fertilizantes como (Nitrato de Amonio, Nitrato de Potasio, Nitrato de Calcio, Muriato de Potasio, Urea verde, Root Feed) para los días Lunes y Jueves, y para los días Martes y Viernes los fertilizantes sulfatados tales como (Sulfato de Potasio, Sulfato de Amonio, Sulfato de Magnesio, Fosfato Mono potásico, Sulfato de Zinc, Sulfato de Manganeso, Sulfato de Cobre, Sulfato Ferroso, Ácido Bórico, Molibdato de Amonio).

Las dosis del tratamiento Testigo se usaron como referencia base en la investigación. Sirvieron para comparar los efectos de diferentes dosis y fuentes de potasio en los otros tratamientos. Esto permitió evaluar el impacto en variables como el tamaño de los frutos y la calidad en taza.

Cuadro 4 Plan de fertilización del cultivo de café Var. Geisha en el bloque 10 en base a los históricos de fertilización y análisis de suelos, junto con los tratamientos

LUNES – JUEVES					
	Presentación en saco – kg	Fertilizante	kg/200 L		
				Testigo (T1)	T3 -10% T2+40%
NITRATOS	50	Nitrato de Amonio	0,4	0,4	0,4
	25	Nitrato de Potasio	8	7,2	11,2
	25	Nitrato de Calcio	2,92	2,92	2,92
	50	Muriato de Potasio	4	3,6	5,6
	25	Urea verde	0	0	0
	25	Root Feed	0,168	0,168	0,168
	TANQUE B MARTES-VIERNES				
	Presentación en saco – kg	Fertilizante	kg/200 L		
				T1 (Testigo)	T3 -10% T2+40%
SULFATOS	25	Sulfato de Potasio	2	1,8	2,8
	25	Sulfato de Amonio	0	0	0
	25	Sulfato de Magnesio	3,36	3,36	3,36
	50	Fosfato Mono potásico g/200L	7,56	10,58	6,8
	25	Sulfato de Zinc	106	106	106
	25	Sulfato de Manganeso	100	100	100
	25	Sulfato de Cobre	120	120	120
	25	Sulfato Ferroso	140	140	140
	25	Ácido Bórico	570	570	570
	25	Molibdato de Amonio	6	6	6

Nota: Las dosificaciones de la columna del T1 Testigo son propuestas por los técnicos de la Hacienda la Papaya.

2.7.2. Preparación de fertilizantes

Para la preparación de los fertilizantes se dio uso de la balanza tipo digital de la marca Camry (30 Kg o 66 Lb) para el pesado de los fertilizantes por kg y para los fertilizantes por g una báscula capacidad 5 kg de la marca Truper, con ello se pesó individualmente cada uno de los fertilizantes de acuerdo con la formulación de los tratamientos.

2.7.3. Aplicación de los tratamientos

Luego de haber pesado los fertilizantes, se dio paso a la preparación de la solución en un tanque de 200 litros de capacidad aquí se mezcló todos los fertilizantes con una espátula de madera en base a cada tratamiento formulado dando un total de 3 tanques por día cada uno en su respectivo bloque de estudio. Luego se dio paso a la aplicación de la solución al sistema mediante el inyector Venturi que se encargó de llevar todo el fertilizante a cada una de las cintas de riego del bloque a tratar. Esta actividad se realizó de manera individual en cada tratamiento por lo que se aplicó las 3 soluciones en diferentes tiempos y también se tomaron los datos de pH y ppm del tanque.

2.7.4. Revisión de las cintas de riego y de los goteros al azar

Esta actividad se realizó durante el periodo de la aplicación de los fertilizantes en el fertirriego, en donde mediante el uso de un dispositivo medidor de pH, CE, ppm de la marca Vivosun, mismos que servirían como datos indicadores de que la solución estaría llegando en cada gotero de cada cinta de riego, el monitoreo de datos fue de manera aleatoria por gotero entre los extremos y la mitad de la manguera y de igual forma en las

líneas de riego, y también se tomó los datos de presión de agua con un manómetro al final de cada una de las líneas de riego.

2.7.5. Cosecha

La cosecha se en estado de maduración de los frutos donde se tomaron 7 plantas por repetición, las muestras fueron recolectadas en valdes para separar las cosechas de cada bloque. Y consecutivamente se llevó al acopio donde se realizaría la toma de datos físicos. Para el estudio en los parámetros físicos y para el análisis sensorial se tomó un total de 2 kg de frutos por cada repetición. Esta actividad se repitió por 4 veces en un lapso de 12 días durante los 3 meses que fue la producción de la plantación.

2.7.6. Evaluación de los parámetros físicos

Se realizó la toma de datos de tamaño de 100 frutos de café donde se utilizó el calibrador o Pie de rey y para el peso de los frutos se usó una balanza De Bolsillo Gramera 100g / Eha601- Camry en cual también se tomaron datos de 100 frutos por cada muestra o repetición.

2.7.7. Beneficiado del café

El café pasó por el proceso del beneficio húmedo, donde se realizó el despulpe para separar la cascara de la semilla, luego se dejó en remojo por un tiempo aproximado de 10 a 12 horas para poder separar el mucilago del café pergamino. Después los granos fueron trasladados a la sala de secado para pasar por el proceso de secado. En la sala de secado se realizó el monitoreo de humedad y temperatura del ambiente, y también de la humedad de los granos, obteniendo como resultados granos con el 10 al 12 % de humedad.

2.7.8. Evaluación de la calidad organoléptica

Para la evaluación de la calidad en taza, el café pergamino fue sometido a un reposo de 11 semanas en laboratorio, primero en pergamino y luego 9 semanas en almendra verde dentro de una bolsa de cierre hermético. Después de este tiempo de reposo, las muestras fueron tostadas en una tostadora para café (BEHMOR 1600 PLUS) a un nivel de tostado medio. A continuación, el café fue molido utilizando un molinillo de café (EK43 de Mahlkonig), logrando un molido fino para resaltar las esencias y sabores durante la cata.

Dos jueces certificados por el Coffee Quality Institute (CQI) llevaron a cabo la cata, siguiendo el protocolo de la Specialty Coffee Association (SCA). ¡Qué excelente forma de asegurar la calidad! Se preparó una mesa de cata con 5 tazas (Cupping Bowls) por muestra, lo que resultó en un total de 45 tazas analizadas por cada cosecha. En cada taza se colocaron 11 gramos de café, y la primera evaluación se realizó en seco. Posteriormente, se vertieron 200 ml de agua a 100 °C para evaluar los aromas y aceites esenciales de la taza.

Los jueces removieron la costra formada en la superficie del café para continuar con el análisis de sabores, evaluando en dos rondas: una mientras la temperatura del café estaba en 90 °C y otra cuando bajó a 40-45 °C. Finalmente, los jueces documentaron sus observaciones y, en una reunión final, discutieron las características percibidas en cada muestra para emitir el veredicto. ¡Un proceso riguroso y detallado, sin duda garantiza un resultado de gran calidad!

CAPÍTULO III

3. Resultados y discusiones

3.1. Resultados

Se presentan los resultados de las variables de estudio, que incluyen el análisis de suelos de la hacienda, el tamaño y peso de los granos de café, y los resultados de la puntuación de taza del análisis sensorial de la cata. Estos datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) tras realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para cada variable de respuesta. Posteriormente, se aplicó la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos.

3.1.1. Parámetros físicos (Tamaño)

El análisis de varianza (ANOVA) del Cuadro 5 indicó que hubo diferencias significativas en el tamaño de los frutos de café (cereza) entre los tratamientos evaluados. Se observó que uno de los tratamientos presentó una diferencia significativa con un valor de p superior a 0,0050, lo que señalaba la presencia de diferencias estadísticamente relevantes. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, (p -valor 0,3371), sugirió que los datos se distribuían normalmente, lo que validaba el uso del ANOVA para este análisis.

Cuadro 5 Análisis de varianza ANOVA del tamaño del fruto expresado en mm

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,41	2	0,70	14,57	0,0050
Tratamiento (T)	1,41	2	0,70	14,57	0,0050
Error	0,29	6	0,05		
Total	1,70	8			

El coeficiente de variación (CV) de 1,34 se considera como bajo lo que nos señala que el tamaño de la cereza dentro de las fuentes de variación es muy homogéneo.

En el Cuadro 6, la prueba de Duncan ($p < 0,05$) permitió comparar tres tratamientos con diferentes dosis y fuentes de potasio en la variable de respuesta tamaño de los frutos de café. Los resultados indicaron que el tratamiento T3, con un tamaño promedio de 15,89 mm, presentó una diferencia significativa en comparación con los tratamientos T1 y T2, que mostraron tamaños promedio de 16,48 mm y 16,85 mm, respectivamente. El tratamiento T3 mostró el menor tamaño de frutos.

Cuadro 6 Análisis de Duncan ($p < 0,05$) del tamaño (mm) de cada tratamiento

Tratamiento (T)	Medias	N	E.E.	SIG.
T3	15,89	3	0,13	B
T1	16,48	3	0,13	A
T2	16,85	3	0,13	A

El tratamiento T3 redujo el tamaño promedio de los frutos de café, mientras que el tratamiento T2 mostró un tamaño significativamente mayor, indicando que fue más efectivo para aumentar el tamaño de los frutos. (Figura 2)

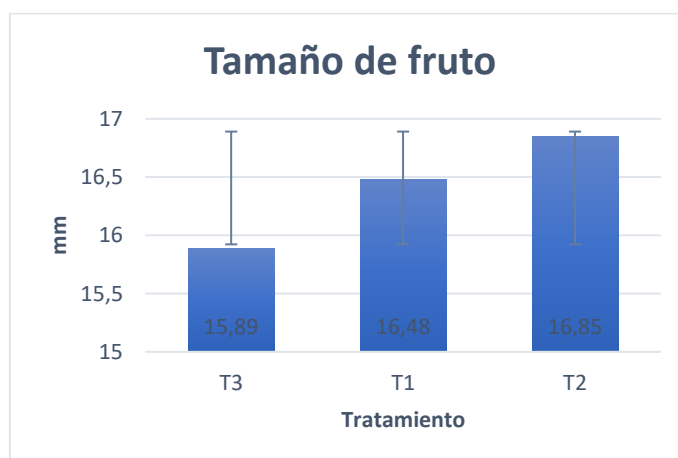


Figura 2 Tamaño del fruto frente a los 3 tratamientos aplicados

3.1.2. Parámetro físico (Peso)

El Cuadro 7 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del peso en gramos de los frutos de café según los tratamientos aplicados. Se observó una discrepancia significativa entre los tratamientos, con un valor de p superior a 0,0005, lo que indicó que al menos una de las dosificaciones tuvo un efecto notable en el peso de los frutos. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, con un valor de 0,0719, sugirió que los datos seguían una distribución normal, lo que respaldaba la validez del análisis realizado.

Cuadro 7 Análisis de varianza ANOVA del peso del fruto expresado en g

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,05	34,83	0,0005
Tratamiento (T)	0,09	2	0,05	34,83	0,0005
Error	0,01	6	0		
Total	0,10	8			

El coeficiente de variación de 2,06, considerado bajo, indicó que las muestras eran muy homogéneas. Esto sugirió que la variabilidad entre los datos era mínima, lo que reforzaba la consistencia y fiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

El Cuadro 8 de la prueba de Duncan ($p > 0,05$) muestra la comparación de las medias del peso de los frutos de café en función de los tratamientos aplicados. Los resultados indicaron que el tratamiento T2, con un peso promedio de 1,89 g, presentó el valor más alto en comparación con el tratamiento T1 (1,71 g) y el tratamiento T3 (1,66 g). Esto evidenció que el tratamiento T2 tuvo el mejor impacto en el peso de los frutos.

Cuadro 8 Prueba de Duncan ($p < 0,05$) del peso (g) de cada tratamiento

Tratamiento (T)	Medias	n	E.E.	SIG.
T3	1,66	3	0,02	B
T1	1,71	3	0,02	B
T2	1,89	3	0,02	A

La dosis del tratamiento T2 influyó positivamente en el peso del fruto de café, mostrando el mayor promedio en comparación con los tratamientos T1 y T3. Esta diferencia es estadísticamente significativa, con un error estándar de 0,05, lo que refuerza que el tratamiento T2 tuvo un impacto destacado en el aumento del peso de los frutos. (Figura 3)

**Figura 3** Peso de la cereza de cada tratamiento

3.1.3. Parámetros sensoriales y puntuaciones de taza

3.1.4. Puntuación de calidad en taza

El Cuadro 9 del análisis de varianza (ANOVA) en el puntaje recibido por cada muestra en el análisis sensorial indicó que los tratamientos aplicados no tenían una

influencia significativa en la calidad de la taza. El valor de p superior a 0,1692 sugirió que no había diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la puntuación de la cata. Además, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, con un valor de 0,7595, respaldó la distribución normal de los datos, lo que validó los resultados del ANOVA.

Cuadro 9 Análisis de varianza ANOVA para la puntuación del análisis sensorial de taza en cata.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,82	2	0,41	2,42	0,1692
Tratamiento	0,82	2	0,41	2,42	0,1692
Error	1,02	6	0,17		
Total	1,84	8			

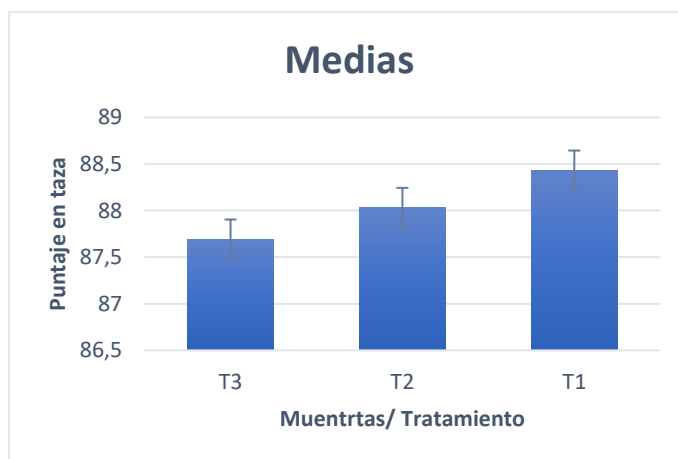
El coeficiente de variación de 0,47, que es bastante bajo, demostró que los datos eran muy homogéneos. Esto indicó que había poca variabilidad en las puntuaciones de calidad de taza entre las muestras, lo que reforzaba la consistencia de los resultados obtenidos en la cata.

En el Cuadro 10 de la prueba de Duncan ($p > 0,05$), se observó que no había diferencias significativas entre los tratamientos en la puntuación del análisis sensorial de la taza realizado en el laboratorio de cata. Esto indicó que ninguno de los tres tratamientos tuvo un impacto significativo en la calidad de la taza. Sin embargo, el tratamiento T1 se destacó con el puntaje más alto de 88,43, mostrando que, aunque no significativamente diferente de los otros tratamientos, T1 produjo los mejores resultados en términos de calidad de taza.

Cuadro 10 Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para las puntuaciones en taza

Tratamiento (T)	Medias	n	E.E.	SIG.
T3	87,69	3	0,27	A
T2	88,03	3	0,27	A
T1	88,43	3	0,27	A

A pesar de que estadísticamente los resultados no mostraron diferencias significativas, las diferencias aritméticas entre los puntajes indicaron variaciones en la calidad. El tratamiento T1 recibió el mejor puntaje con 88,43 puntos, seguido por el tratamiento T2 con 88,03 puntos y el tratamiento T3 con 87,69 puntos (Figura 4). Aunque estas diferencias no fueron significativas a nivel estadístico, pueden tener un impacto considerable en el café de especialidad, tanto para los consumidores como para los productores, ya que reflejan variaciones de precios.

**Figura 4** Puntaje de cada tratamiento en taza, catados en el laboratorio

3.1.5. Atributos del análisis sensorial de la taza

En el análisis sensorial de la taza, los tratamientos presentaron aromas, olores y sabores, tales como se presentan en las nubes de palabras de la figura 5. En ello se puede

observar que estos resultados cualitativos como aromas y sabores se encuentran semejantes en los 3 tratamientos. En ello se pudieron percibir los tonos florales, dulces, el chocolate, sabor a lima, a leche y cítricos. También en el tratamiento T1 los tonos que destacan son la yerba luisa, aromáticos y en el tratamiento T2 se destacan el balance y el azucarado mientras que en el T3 son los sabores ácidos, el azúcar y naranja.

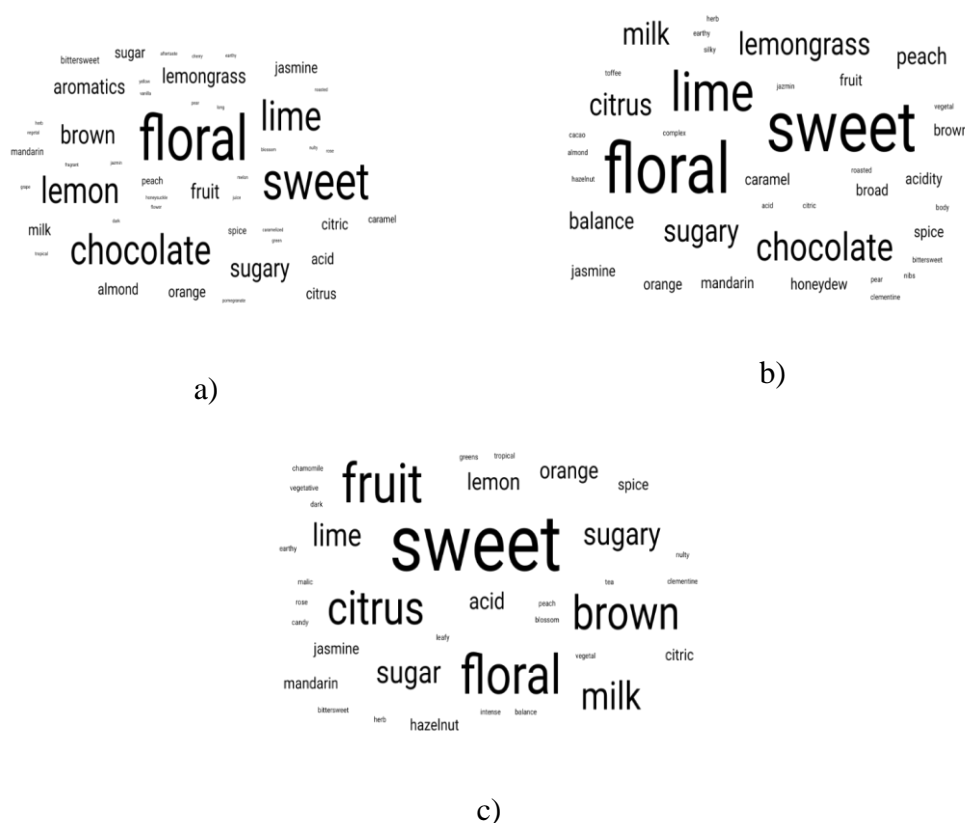


Figura 5 Resultados sensoriales realizados en el laboratorio de cata: a) Tratamiento 1, b) Tratamiento 2, b) Tratamiento 3.

3.2. Discusión

García et al. (2010) señala que el potasio es un elemento móvil clave en la planta, especialmente en la fotosíntesis, favorece la estructura de la planta, aumenta resistencia a sequias, heladas y enfermedades, promueve la formación de proteínas e incrementa el

tamaño y peso en frutos. Esta información respalda a los resultados donde se obtuvo una diferencia significativa con el tratamiento T2 con el aumento del 40 % de la aplicación de fertilizantes potásicos en que el peso de las cerezas fue mayor al testigo y al tratamiento T3 con el menos 10% de potasio. Así mismo, Huachos (2015), en su investigación sobre la fertilización con nitrógeno y potasio en el cacao (*Teobroma cacao L.*) indica que al incrementar la dosis de potasio hubo aumento en el peso de 100 semillas.

Según García et al. (2010) el potasio incide en el tamaño de los frutos, igual criterio a lo manifestado por Kant & Kafkafi (2002) que indica que una buena administración y aplicación del elemento potasio en las plantas en su etapa de desarrollo, ayuda al mantenimiento de la calidad de frutos, y, en caso de ser deficiente, afecta directamente al desarrollo y producción de frutos. Esto se compara a lo que refiere el tratamiento T3 con menos 10% de fertilizante que tuvo incidencias en el tamaño de fruto, ya que su valor fue significativamente menor a los demás tratamientos. Por otra parte, López (2018), en su trabajo de investigación define que la aplicación de potasio en el cacao mejoró el tamaño del diámetro de la mazorca.

La influencia del potasio influye en los frutos del café en la parte fisicoquímica debido que este elemento estimula las actividades enzimáticas del polifenol oxidasa, que es una encima cúprica conocida por catalizar la oxidación de fenoles que influyen en el sabor y aroma del café infusionado en taza (Dominghetti et al., 2014; Sataloff et al., 2019). Esta información no respalda los resultados del cuadro 5 debido a que no existe diferencias estadísticas sin embargo existen variación en los puntajes en los tratamientos analizados sin embargo la calidad de taza de excelencia en base a la tabla de puntajes del SCA (Speciality Coffe Asociation). La lectura citada indica también que la actividad de

la enzima polifenol oxidasa es influida también por el proceso correcto del beneficiado que recibe el café.

Los resultados obtenidos pueden estar reflejados en la acumulación de los nutrientes en los frutos desde el periodo de floración hasta los días de cosecha, tal como señala Sadeghian et al. (2013) que el nitrógeno y el potasio son los elementos que más se acumulan en los granos de café a comparación del fosforo. Lo que indica que desde los 90 hasta los 120 días después de la floración la demanda del potasio es cada vez más alto.

4. Conclusión

Frente a los objetivos planteados en la investigación se concluye que:

El potasio es un nutriente clave en la productividad del café, ya que es uno de los macronutrientes más demandados por la planta. Esta investigación demostró que, al aumentar la cantidad de fertilizantes potásicos, el tamaño y el peso del grano mejoraron, mientras que una reducción en su aplicación afectó negativamente el peso de los frutos. Sin embargo, aunque hubo variaciones en las dosis de potasio, estas no influyeron en la calidad de la taza, a pesar de las diferencias en los puntajes obtenidos.

La dosis de fertilización para el cultivo de café de la variedad Geisha se determina en función de los históricos de fertilización, análisis de suelos, y las necesidades del cultivo. Esto se ajusta mediante los resultados obtenidos en la calidad física del fruto (tamaño y peso) y los puntajes de taza para la calidad organoléptica. Los análisis de los datos indican que el tratamiento T2, aplicado mediante fertirriego en la Hacienda La Papaya, ofrece mejores resultados tanto en los parámetros físicos del fruto como en la puntuación de la taza del análisis organoléptico. Por lo tanto, se establece que la dosificación adecuada para el fertirriego en el cultivo de café Geisha debe seguir los lineamientos del tratamiento T2.

La evaluación de las tres dosis de potasio aplicadas mediante fertirriego en el cultivo de café Geisha mostró que la dosis alta (+40% de potasio) resultó en un aumento significativo en el tamaño (16,85 mm) y peso (1,89 g) del fruto. En contraste, la dosis baja influyó negativamente, reduciendo estos parámetros a 15,89 mm y 1,66 g, en comparación con el tratamiento T1 o Testigo, que registró un tamaño de 16,48 mm y un

peso de 1,71 g. Estos resultados destacan la importancia de una dosificación adecuada de potasio para optimizar la calidad física del café.

El análisis del café en taza, basado en las puntuaciones establecidas por la Specialty Coffee Association (SCA) y otorgadas por catadores certificados del Coffee Quality Institute (CQI), indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados. Sin embargo, las muestras analizadas mostraron que los tratamientos T1 y T2 obtuvieron puntajes más altos en comparación con el tratamiento T3. Según los productores de la Hacienda La Papaya, esta diferencia en las puntuaciones, aunque pequeña, incide en los precios del mercado, ya que un puntaje de 88 tiene mayor validación y valor comercial que un puntaje de 87.

5. Recomendaciones

La variedad Geisha es una de las plantaciones que son muy exigentes en lo que corresponde a las condiciones climáticas y tipos de suelo, sobre todo al clima, por lo que se recomienda realizar estudios sobre plantaciones extendidas hacia otros tipos de climas y análisis de suelos que sean aptos para este tipo de café.

La fertilización dentro del cultivo de café de especialidad es impórtate ya que; con ello podemos dar a la planta los nutrientes necesarios que exigen nuestros cafetales, con esto estaríamos llenando cada parte de la planta con los nutrientes necesarios, en este caso con el potasio en el desarrollo de los frutos, sin embargo, se recomienda realizar estudios con otros elementos que son de importancia para la planta ya que estos influyen tanto en el desarrollo de sus órganos como en la absorción y transporte de los nutrientes.

Es importante recomendar la realización de un análisis de contenidos nutrimentales en los órganos del cafeto, como flores, frutos y hojas, para poder corroborar la acumulación de cada nutriente en el cultivo. Este análisis permitirá ajustar de manera más precisa los programas de fertilización y mejorar la calidad y productividad del café.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Amil, A. (2018). *¿Qué es el café de especialidad?* https://animalcoffee.es/que-es-el-cafe-de-especialidad/#%c2%bfque_es_el_cafe_de_especialidad_segun_la_sca
- Anacafé. (2019). *Enfermedades Del Cultivo*. https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Enfermedades_del_cultivo
- Aprendizaje y Cultura Cafetalera. (2023). *Todo sobre la SCA (Speciality Coffee Association)*. Aprendizaje y cultura cafetera. <https://ineffablecoffee.com/categoria/aprendizaje-y-cultura-cafetera/>
- Armijos, V. A. E. (2020). *Análisis de la relación genotipo ambiente con seis variedades de café (coffea spp..) en La Granja Experimental Santa Inés* [UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16132>
- Arteta, V. Jorge. L. (2021). *Impacto de la reducción de cloruros sobre el contenido de nutrientes en el fruto, la productividad y la calidad del café (Coffea arabica L. Var Castillo)*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79919>
- Barrios, M. A., Chacón, C. A., Santos, D. A., & Monterroso, J. L. (2018). *Buenas prácticas de beneficiado húmedo del café, fundamentales para mantener la calidad*. <https://www.anacafe.org/uploads/file/1296dfe8b18b492583788afbfb8420d9/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-10.pdf>
- Belduma, G. A., Carvajal, R. H., Prado, C. E., & Espinosa, A. M. (2022). Análisis de la situación económica de la producción de café en el cantón Zaruma en el periodo

2017 – 2020. 593 *Digital Publisher CEIT*, 7(2), 229–238.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2022.2.1047>

Benavides, P., Zulma, M. ;, Gil, N., Luis, P. ;, Constantino Chuaire, M., Villegas, C., Marisol, G. ;, & Jaramillo, G. (2013). *Plagas del café Broca, minador, cochinillas harinosas, arañita roja y monalunion* (Vol. 2, pp. 215–260).
<https://doi.org/10.38141/cenbook->

Calero, L. A. A. (2021). *Efecto del potasio en la producción y calidad del fruto en el cultivo del café en la región litoral del Ecuador* [Universidad Tecnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9220/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000298.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carvalho, F. M., & Spence, C. (2018). The shape of the cup influences aroma, taste, and hedonic judgements of specialty coffee. *Food Quality and Preference*, 68, 315–321.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2018.04.003>

Castro, P. C. V., & Barrezueta, U. S. (2020). Aspectos sociales y económicos: caso productores de café en la provincia el Oro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 71–75. <https://orcid.org/0000-0002-6656-2730>

Cimat. (2006). *El café*.
http://personal.cimat.mx:8181/~gil/ciencia_para_jovenes/SCC/06/roles/cafe.pdf

Dominghetti, A. W., Scalco, M. S., Guimarães, R. J., Silva, D. R. G., Carvalho, J. P. S., & Pereira, V. A. (2014). Phosphorus doses and irrigation on nutrition of coffee leaf. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1235–1240.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1235-1240>

- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 2, 51–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>
- Figuerola, H. E., Pérez, S. F., & Godínez, M. L. (2016). *La producción y el consumo del café*. www.ecorfan.org/spain
- García L., J. C., Posada-Suárez, H., & Läderach, P. (2014). Recommendations for the Regionalizing of Coffee Cultivation in Colombia: A Methodological Proposal Based on Agro-Climatic Indices. *PLoS ONE*, 9(12), e113510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113510>
- García, P., Lucena, J., Ruano, S., & Nogales, M. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Publicaciones. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/publicaciones-fertilizantes.aspx>
- Gelacio, A.-S., Becerra-Venegas, S. G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., & Juárez-Rosete, C. R. (2021). Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino Persa con poda a un solo tallo. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–10. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.906>
- Gómez, G. (2010). Revista de Geografía Agrícola. *Revista de Geografía Agrícola*, 45, 103–193. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75726134008>

- Guerrero, C. J., Jaramillo-Villanueva, J., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., & Chulim-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23, 71.
- Guerrero Polanco F. (2017). *Potassium fertilization in fruit tree*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.03.01>
- Guevara, A. G. P., Guevara Albán, C. S., & Verdesoto Arguello, A. E. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias.*, 2(2), 24–44. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- Hernández Vásquez, E., & Echeverri Velásquez, R. (2022). *El consumo de café de especialidad en Medellín por parte de los jóvenes adultos. I* (Bachelor's thesis, Escuela de Arquitectura y Diseño). <http://hdl.handle.net/20.500.11912/10285>
- Herrera, P. J. C., & Cortina, G. H. A. (2013). *Taxonomía y clasificación del café. I*, 117–121. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_07
- Huachos, A. H. (2015). *Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) Clon ICS 95 en Cubatina - Pangoa* [Universidad Nacional del Centro de Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/553/THAH-877.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Imbachí, L. C., Medina, R. R., & Sanz, U. J. R. (2023). Caracterización del tamaño de los granos de café despulpados en nuevas variedades de café. *Revista Cenicafé*, 74(2), e74206. <https://doi.org/10.38141/10778/74206>

- Jiménez, T. A., & Massa, S. P. (2015). *Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador* Coffee production and climatic variables: The case of Espíndola, Ecuador. 40, 117–137.
- Kant, S., & Kafkafi, U. (2002). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos.*
- López, C. D., Gallegos, Á., Palma, D. J., Martín-Morales, G., Barragán-Maravilla, M., Hernández-Vallecillo, G., Bautista, F., López-Carmona, D., Gallegos, Á., Palma-López, D. J., Martín-Morales, G., Barragán-Maravilla, M., Hernández-Vallecillo, G., & Bautista, F. (2021). Selección de tierras para el cultivo de café en zonas con información escasa: análisis espacial del territorio y conocimiento local. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1). <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2419>
- Lopez, I. M. (2018). “*Efectos de la aplicación edáfica de potasio y boro, en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), sobre el desarrollo y rendimiento de la mazorca en la zona de Pueblo Viejo.* <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5038/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000121.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Macas, M. K. I. (2021). *Efecto de los diferentes niveles de nitrógeno en el crecimiento del café en el cantón Loja.*
- Martínez, G. M. A., Chaverria, J. C., Ceja, O. E. S., Reyes, M. L., Huerta, D. J., & Figueroa Sandoval, B. (2014). Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 937–949. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263131532003>

- Martinez, G. M. A., Jasso Cheverría, C., & Huerta, D. J. (2006). Fertirriego y labranza de conservación en la producción de frijol. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 367–374. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311103008>
- Mesas, L. B. (2020). *¿Qué es la SCA o Specialty Coffee Association?* <https://incapto.com/blog/te-contamos-de-que-se-trata-la-specialty-coffee-association/>
- Milla, P. M. E., Oliva Cruz, S. M., Leiva Espinoza, S. T., Collazos Silva, R., Gamarra Torres, O. Á., Barrena Gurbillón, M. Á., & Maicelo Quintana, J. L. (2019). Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. *Acta Agronómica*, 68(4), 271–277. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.70496>
- Muñoz, U. A., Bejarano, D. M., & Pinzón, T. F. (2019). Efecto de dos inductores florales sobre la floración y producción de café. *Cenicafé*, 70(2), 19–29. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6848>
- Osorio, V. (2021). La calidad del Café. En *Guía más agronomía, más productividad, más calidad* (pp. 219–234). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0014_12
- Pabón, J., & Osorio, V. (2019). *Factores e indicadores de la calidad física, sensorial y química del café*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4227/1/Cap07.pdf>
- Pabón, J., Osorio, V., & Imbachi, L. C. (2021). Calidad física, sensorial y composición química del café cultivado en el Oriente del departamento de Caldas. *Revista Cenicafé*, 72(2), e72202. <https://doi.org/10.38141/10778/72202>

- Peñuela, A. E., & Sanz, U. J. R. (2021). Obtenga café de calidad en el proceso de beneficio. En *Guía más agronomía, más productividad, más calidad* (pp. 189–218). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0014_11
- Pincay, C. M. J. (2022). *Respuesta morfológica de cuatro genotipos de café (Coffea arábica) a la aplicación de un manejo integrado de fertilizantes, en etapa de crecimiento durante el primer año*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Ponce, L. (2012). *El Café: Clima y Suelo para el Café*.
- Ponce, V. L. A., Acuña, V. I. R., & León, S. L. E. (2018). La gestión pública en la reactivación de la caficultura sobre bases agroecológicas en Manabí, Ecuador. *Instituto de Información Científica y Tecnológica*, 20. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869131016>
- Ponce, V. L. A., Orellana Suarez, K. D., Acuña Velásquez, I. R., Alfonso Alemán, J. L., & Fuentes Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. En *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina* (Vol. 6, Número 1). Licencia Creative Commons. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Ponce, V. L. A., Orellana Suarez, K. D., & Acuña Velásquez, I. R. (2016). Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4, 120–129. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/138>

- Pozo, C. M. (2014). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011*.
- Sadeghian, K. S., Mejía, M. B., & González, O. H. (2013). *Acumulación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en los frutos de café*. www.cenicafe.org
- Sadeghian, S. K. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*.
- Salamanca, A., & González, O. H. (2020a). Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. *Revista Cenicafe*, 71(2), 124–142. <https://doi.org/10.38141/10778/71210>
- Salamanca, A., & González, O. H. (2020b). Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. *Revista Cenicafe*, 71(2), 124–142. <https://doi.org/10.38141/10778/71210>
- Sataloff, R. T., Johns, M. M., & Kost, K. M. (2019). *Inovações no Manejo dos Cafezais e Preparo do Café*. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.451190611>
- Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2020). Nano-Fertilization as an Emerging Fertilization Technique: Why Can Modern Agriculture Benefit from Its Use? *Plants*, 10(1), 2. <https://doi.org/10.3390/plants10010002>
- Silva Gómez Jesús Arley. (2019). *Montaje piloto para el establecimiento y desarrollo del cultivo de café (Coffea arabica L.) variedad Geisha, bajo las condiciones agroecológicas de la vereda Guayabito, Municipio de Salado blanco (Huila)* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27973/jasilvago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Suazo, U. T. D. (2020). *Caracterización morfológica y molecular de café (Coffea arabica L.) variedad Catrenic proveniente de las fincas CENECOOP- Fedecaruna y El Rosal de Nicaragua, Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua, 2018-2020.*
<https://repositorio.unan.edu.ni/14575/1/14575.pdf>
- Toñanez, P. L. D., Bottino, F. J. A., & Galeano, G. X. J. (2021). Efectos de fertilización potásica en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) VAR: HÍBRIDO NATHALIE. *Revista Alfa*, 5(13), 78–90.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.99>
- Trauer, E., Todesco, J. L., & Moreira Da Costa, E. (2019). *Proposal of a domain ontology for specialty coffee.*
- Vieira, M. A. (2017). *Produtividade do cafeeiro em resposta a diferentes doses de npk com ou sem a inclusão de penergetic k.*

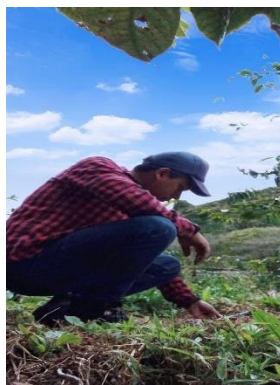
7. Anexos



Anexo 1 Planificación y monitoreo de plantación



Anexo 2 Adecuación de sistema de riego



Anexo 3 Monitoreo de estado de goteros



Anexo 4 Seguimiento de estado fenológico del café



Anexo 5 Control de fertiirrigación



Anexo 6 Control de goteros



Anexo 7 Mezcla de fertilizantes en seco



Anexo 8 Preparación de solución en 200 litros de agua



Anexo 9 Toma de datos físicos (peso y tamaño) de la cereza.



Anexo 10 Materiales para la toma de datos físicos.



Anexo 11 Despulpado de la cereza manualmente



Anexo 12 Separado de las cascaras del pergamino



Anexo 13 Vía húmedo



Anexo 14 Secado de café en camas



Anexo 15 Estado del ambiente de la sala (humedad y temperatura)



Anexo 16 Control de humedad de almendra



Anexo 17 Monitoreo de datos de sala de secado



Anexo 18 Almacenamiento del café pergamino para reposo en laboratorio



Anexo 19 Preparación de muestras para molido



Anexo 20 Preparación de mesa para catación



Anexo 21 Molido de grano en maquina



Anexo 22 Colocación del café molido en las tazas



Anexo 23 Café molido para análisis sensorial en seco.



Anexo 24 Análisis sensorial en seco.



Anexo 25 Preparación de taza con agua hervida.



Anexo 26 Análisis de sensorial de taza.



Anexo 27 Limpieza de taza.



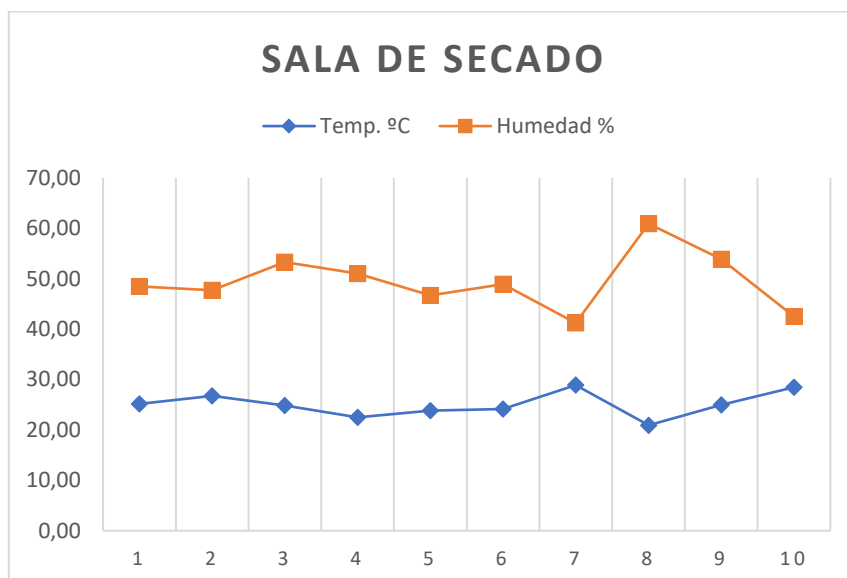
Anexo 28 Análisis sensoriales de taza.



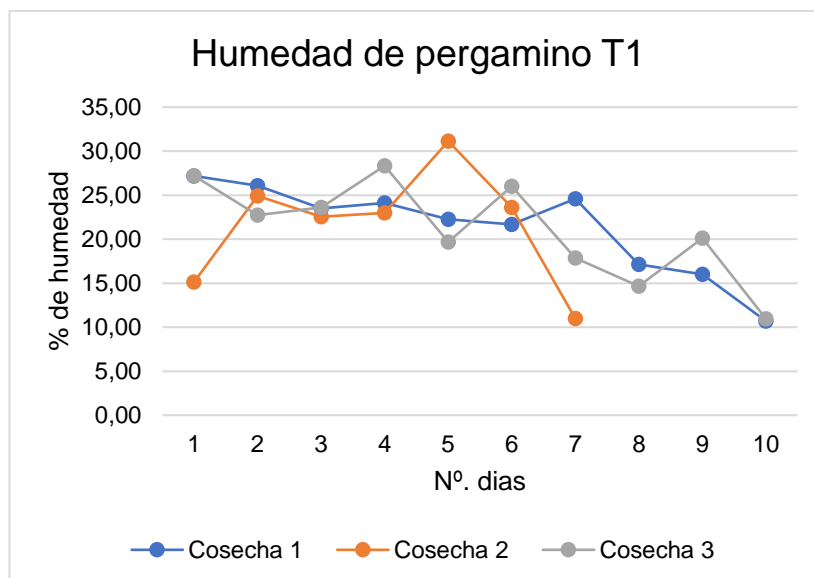
Anexo 29 Discusiones de catación de café para las puntuaciones y resultados sensoriales



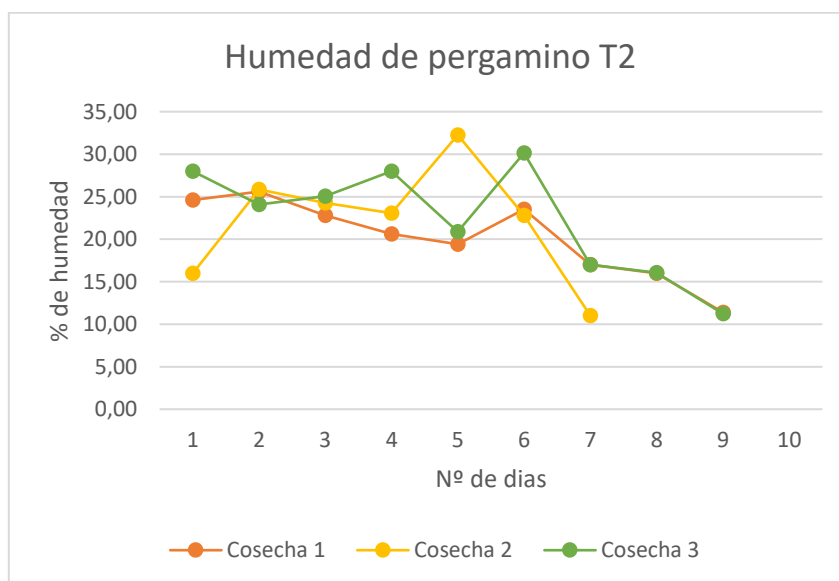
Anexo 30 Tostadora de café para muestras de laboratorio.



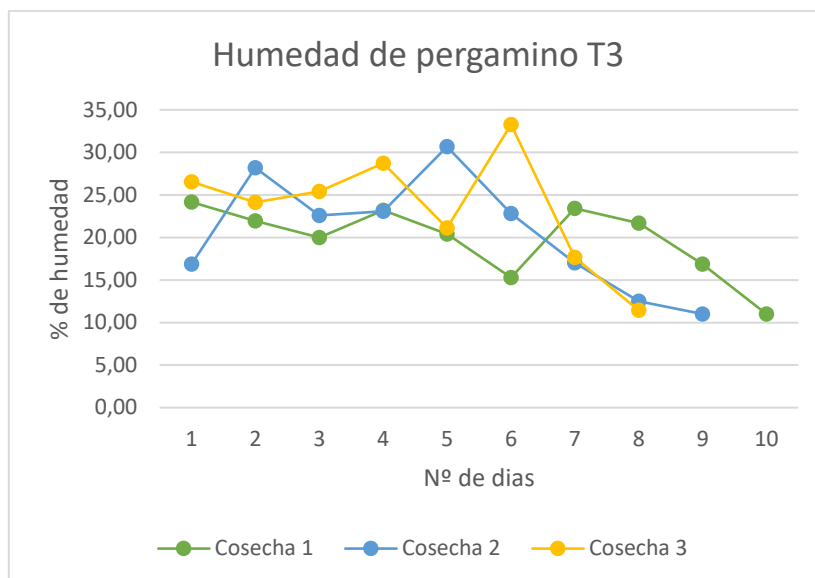
Anexo 31 Datos de temperatura y humedad en la sala de secado durante el tiempo de secado de café



Anexo 32 Humedad de café pergamino del tratamiento T1 durante el periodo de secado



Anexo 33 Humedad de café pergamino del tratamiento T2 durante el periodo de secado



Anexo 34 Humedad de café pergamino del tratamiento T3 durante el periodo de secado

	Análisis	Unidad	*Método Extracción	*Niveles Óptimos para Café Arabigo - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	4,6	5,9
	% de Saturación de Bases	%	-	> 65	20 % (Calificación: pobre en bases)	-
	Distribución de Bases en el % de Saturación	%	-	-	Ca: 11 %, Mg: 4 %, K: 4 %, Na: 1 %	-
	**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	12,7	-
	Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0,5	2,35	-
	Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0,3	1,00	-
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,3 - 0,6	0,12	0,19
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	5,2	5,5
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,5 - 7,0	4,1	4,3
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	4,3	4,7
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	3,0	2,2
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	25 - 40	7,3	6,9
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	20 - 35	40,7	47,8
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	110 - 220	138	169
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	40 - 100	51,5	86,5
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	234	342
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	3,7	12,5
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	10 - 40	172	345
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	6 - 30	28,1	18,5
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,0 - 4,0	1,5	0,83
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,2 - 6,0	0,80	1,1
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,23	0,28
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	8,1	9,2
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	26,4	55,2
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	95,8	162

Anexo 35 Análisis de suelos en la plantación de café de la Hacienda la papaya, con las recomendaciones según las necesidades del cultivo.

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Agrícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	7,4
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	0,09
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua muy blanda
Grado Dureza °d	°d	-	1,6
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	0,29
Dureza equivalente CaCO ₃ en ppm	mg/l	< 275	29,1
Nitrato (NO ₃)	mg/l	< 30	1,2
Fosfato (PO ₄)	mg/l	< 15	1,0
Sulfato (SO ₄)	mg/l	< 72	9,4
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	1,2
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	< 183	35,7
Σ Aniones	meq/l	-	0,87
Amonio (NH ₄)	mg/l	< 4,5	0,1
Potasio (K)	mg/l	< 20	0,5
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	2,5
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	7,5
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	4,7
Σ Cationes	meq/l	-	0,81
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,270
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,022
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,018
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,019
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,092

Anexo 36 Análisis de agua de riego del cultivo de café de la Hacienda la Papaya

Jonnathan Javier Guayara Macao portador de la cédula de ciudadanía N° **0107363897**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Efecto de potasio en la calidad y productividad de *Coffea arábica* var. Geisha aplicada mediante fertirriego en la Hacienda la Papaya, provincia de Loja.”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **16 de septiembre de 2024**



Jonnathan Javier Guayara Macao

C.I. 0107363897