



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de ingeniería agronómica

“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en fase reproductiva, sobre el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos”

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agrónomo

#### **AUTOR:**

Carolina Fernanda Cartuche Jaura

#### **DIRECTOR:**

Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD

Loja – Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 28 de agosto del 2023

PhD. Max Enrique Encalada Córdova  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en fase reproductiva, sobre el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos”** , previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría de la estudiante **Carolina Fernanda Cartuche Jaura**, con **cédula de identidad Nro.1150603635**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

  
PhD. Max Enrique Encalada Córdova  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION**

## Autoría

Yo, **Carolina Fernanda Cartuche Jaura**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1150603635

**Fecha:** 26 de julio del 2024

**Correo electrónico:** [carolina.cartuche@unl.edu.ec](mailto:carolina.cartuche@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0981398943

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Carolina Fernanda Cartuche Jaura**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en fase reproductiva, sobre el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos”**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiséis días del mes de julio del dos mil veinticuatro.



**Firma:**

**Autora:** Carolina Fernanda Cartuche Jaura

**Cédula:** 1150603635

**Dirección:** km2 vía antigua Zamora, barrio “Las Palmeras”

**Correo electrónico:** [carolina.cartuche@unl.edu.ec](mailto:carolina.cartuche@unl.edu.ec)

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director/a del Trabajo de Titulación:** Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

## Dedicatoria

Primeramente, a Dios por darme fuerza y fortaleza necesaria para no desistir de alcanzar este objetivo. En profundo agradecimiento a mis queridos padres, Margarita y Edgar, quienes me impulsan a ser mejor cada día y me ayudaron a levantarme en cada caída, que a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Su esfuerzo y sacrificio constante para asegurarme una educación, un regalo que valoro más allá de las palabras.

A mi hijo Fernando, por ser el motor de mi vida y fuente de inspiración en todo lo que hago, te dedico este trabajo que significa la terminación de un ciclo y el inicio de otro, uno mejor para ti y para mí.

A mis hermanos Natasha y Lenin, por todo su apoyo y presencia incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

***Carolina Fernanda Cartuche Jaura***

## Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios, quien me ha guiado y me ha dado sabiduría en esta etapa de mi vida. Asimismo, a mis padres Margarita y Edgar, que han sido parte fundamental de mi crecimiento personal, agradezco su apoyo incondicional a lo largo de los años. Este triunfo, antes que mío, es de ustedes, ya que sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible alcanzar esta meta.

Con profunda estima y reconocimiento a mi director de trabajo de titulación, Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD, guía de este trabajo investigativo, por sus enseñanzas, paciencia y apoyo en el transcurso del desarrollo del trabajo de titulación, han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

De manera particular, en especial reconocimiento de gratitud por su amabilidad y valiosa calidad académica a la Ing. Paulina Fernández Mg. Sc. y al Ing. Cesar Benavidez PhD, cuyas perspicaces observaciones y constructivos comentarios han sido cruciales para la consolidación de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, carrera de Ingeniería Agronómica, personal docente y administrativo que contribuyeron en mi formación académica y profesional.

***Carolina Fernanda Cartuche Jaura***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de anexos .....	xiii
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
3.1. Objetivo general: .....	5
3.2. Objetivos específicos: .....	5
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Generalidades: .....	6
4.2. Crecimiento reproductivo .....	6
4.3. Fenología de la reproducción .....	7
4.5. Fertilización foliar .....	8
4.6. Mecanismo de penetración dentro de la planta .....	8
4.7. Fuentes de fertilización foliar .....	9
4.7.1. Sales minerales inorgánicas: .....	9
4.7.2. Quelatos .....	10
4.8. Funciones de los elementos .....	10

4.9.	Fertilizantes del ensayo .....	11
4.9.1.	<i>Poliquel calcio</i> .....	11
4.9.2.	<i>Agasol 10-5- 40 + TE</i> .....	12
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>13</b>
5.1.	Localización del estudio .....	13
5.2.	Descripción del experimento .....	13
5.3.	Esquema del modelo matemático del diseño experimental .....	14
5.4.	Variables evaluadas .....	14
5.4.1.	<i>Número de flores y cuaje de frutos por rama</i> .....	14
5.4.2.	<i>Abscisión y crecimiento de frutos</i> .....	15
5.4.3.	<i>Grados Brix</i> .....	15
5.4.4.	<i>pH de la pulpa del cerezo</i> .....	15
5.4.5.	<i>Acidez titulable del mucílago del cerezo</i> .....	15
5.4.6.	<i>Colorimetría del epicarpio del cerezo</i> .....	15
5.4.7.	<i>Producción de café cereza por planta</i> .....	16
5.4.8.	<i>Producción de café cereza (kg/ha)</i> .....	16
5.5.	Análisis Estadístico.....	16
<b>6.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>17</b>
6.1.	Cuajé y abscisión de frutos .....	17
6.2.	Fenología del fruto de café .....	17
6.3.	Crecimiento del fruto.....	18
6.4.	Grados brix de la pulpa del café cerezo.....	21
6.5.	pH de la pulpa del cerezo.....	22
6.6.	Acidez titulable del mucílago del cerezo .....	23
6.7.	Colorimetría del epicarpio del cerezo.....	24
6.8.	Número de flores por rama .....	25
6.9.	Producción de café cerezo .....	26
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>28</b>



<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>34</b>
<b>9. Recomendaciones</b> .....	<b>35</b>
<b>10. Bibliografía</b> .....	<b>36</b>
<b>11. Anexos</b> .....	<b>42</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos experimentales .....	14
<b>Tabla 2.</b> Efecto de variedad y fertilización sobre el porcentaje de cuajamiento y abscisión de frutos registrados por tratamientos. ....	17
<b>Tabla 3.</b> Descripción de los estados fenológicos del fruto de café en la finca AgroLoja .....	18
<b>Tabla 4.</b> Efecto de variedad y fertilización, sobre el diámetro ecuatorial de los frutos de café por tratamiento. ....	19
<b>Tabla 5.</b> Efecto de variedad y fertilización, sobre el diámetro polar de los frutos de café. ....	20
<b>Tabla 6.</b> Efecto de variedad y fertilización, sobre °brix la pulpa del café cerezo por tratamiento.....	21
<b>Tabla 7.</b> Efecto de variedad y fertilización, sobre el pH de la pulpa del café cerezo por tratamiento.....	22
<b>Tabla 8.</b> Efecto de variedad y fertilización, sobre la acidez titulable del mucilago del café cerezo por tratamiento. ....	23
<b>Tabla 9.</b> Efecto de la variedad y fertilización sobre las coordenadas cromáticas de color del epicarpio de los frutos de café cosechados. ....	24
<b>Tabla 10.</b> Efecto de variedad y fertilización sobre el número de flores por rama al inicio del ensayo por tratamiento. ....	25
<b>Tabla 11.</b> Efecto del factor variedad y fertilización sobre el rendimiento en kg\planta y kg\ha de café cerezo. ....	26

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Localización geográfica de la finca AgroLoja, cantón Loja, Parroquia Malacatos.....	13
<b>Figura 2.</b> Diseño experimental establecido en campo.....	14
<b>Figura 3.</b> Efecto de la variedad sobre el diámetro ecuatorial del fruto de café desde los 60 a 200 DDA. Medias con letras diferentes expresan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).....	19
<b>Figura 4.</b> Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre el diámetro polar del fruto de café desde los 60 a 200 DDA. Medias con letras diferentes expresan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ). DDA= Días después de la aplicación de los tratamientos. ....	20
<b>Figura 5.</b> Efecto del factor Variedad (A) y el factor Fertilización (B), sobre °brix la pulpa del café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p>0,05$ ). ....	22
<b>Figura 6.</b> Efecto del factor variedad sobre pH de la pulpa del café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p>0,05$ ). ....	23
<b>Figura 7.</b> Efecto del factor variedad sobre número de flores/rama en cultivo de café. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p>0,05$ ). ....	26
<b>Figura 8.</b> Efecto del factor variedad sobre el rendimiento en kg/planta (A) y kg/ha (B), de café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p>0,05$ ). ....	27
<b>Figura 9.</b> Lote de estudio var. Typica .....	42
<b>Figura 10.</b> Lote de estudio var. Caturra .....	42
<b>Figura 11.</b> Aplicación de los fertilizantes.....	42
<b>Figura 12.</b> Identificación de brotes florales .....	42
<b>Figura 13.</b> Identificación de frutos cuajados. ....	42
<b>Figura 14.</b> Medición de diámetro polar y ecuatorial.....	42

<b>Figura 15.</b> Registro de frutos presentes. ....	42
<b>Figura 16.</b> Frutos cosechados por tratamiento .....	42
<b>Figura 17.</b> Toma de datos de colorimetría. ....	43
<b>Figura 18.</b> Toma de datos de °brix. ....	43
<b>Figura 19.</b> Toma de datos de pH y acidez titulable. ....	43
<b>Figura 20.</b> ANOVA de número de flores por rama .....	48
<b>Figura 21.</b> ANOVA de porcentaje de cuaje de frutos .....	48
<b>Figura 22.</b> ANOVA de diámetro polar del fruto de café .....	48
<b>Figura 23.</b> ANOVA de diámetro ecuatorial del fruto de café. ....	48
<b>Figura 24.</b> ANOVA del porcentaje de abscisión. ....	48
<b>Figura 25.</b> ANOVA de grados brix.....	48
<b>Figura 26.</b> ANOVA del pH de la pulpa del cerezo.....	49
<b>Figura 27.</b> ANOVA de la acidez del mucílago del café.....	49
<b>Figura 28.</b> ANOVA del croma L* .....	49
<b>Figura 29.</b> ANOVA del croma a* .....	49
<b>Figura 30.</b> ANOVA del croma b* .....	49
<b>Figura 31.</b> ANOVA de kg/planta de café cerezo.....	49
<b>Figura 32.</b> ANOVA de kg/ha de café cerezo.....	49

## **Índice de anexos**

<b>Anexo 1.</b> Sitio de estudio AgroLoja, Parroquia Malacatos .....	42
<b>Anexo 1.</b> Sitio de estudio AgroLoja, Parroquia Malacatos .....	42
<b>Anexo 2.</b> Aplicación de tratamiento y medición de las variables. ....	42
<b>Anexo 3.</b> Seguimiento fenológico del fruto de café durante las evaluaciones. ....	44
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza de cada variable evaluada .....	48
<b>Anexo 5.</b> Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamientos en la finca Agro Loja .....	50
<b>Anexo 6.</b> Certificación de traducción del Abstract .....	51

## 1. Título

“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en fase reproductiva, sobre el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos”

## 2. Resumen

El café ecuatoriano es uno de los productos más apetecidos a nivel internacional, reconocido por su calidad. Sin embargo, poco se ha investigado sobre el efecto que tiene la nutrición foliar en etapa de floración y cuajado de fruto. Por tal razón, es necesario aportar información sobre programas de fertilización en etapa reproductiva, buscando optimizar la capacidad productiva. En el presente estudio el objetivo fue determinar el efecto de la fertilización foliar aplicada en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café, en la finca Agro Loja, Malacatos. Para tal efecto, se ejecutó un ensayo de campo bajo un diseño experimental de parcelas divididas, tomando como parcela principal las variedades *typica* y *caturrea*, y las subparcelas contaron de tres distintos tratamientos usando fertilizantes foliares, Poliquel calcio, Agasol 10-5-40, su combinación, más el testigo. Los tratamientos fueron aplicados cada 20 días a partir de la preantesis floral, hasta alrededor de 181 días después de la preantesis, con un total de 10 aplicaciones. Se evaluaron las variables: cuaje de frutos, crecimiento del fruto, fenología, abscisión de frutos, °brix, pH, acidez titulable, colorimetría del epicarpio del cerezo, producción por planta y hectárea. En los resultados no se encontró diferencias significativas entre la interacción de variedad y fertilización en las variables de cuaje, abscisión, acidez titulable y colorimetría del epicarpio, a excepción de °brix que presentó diferencias significativas independientemente entre los dos factores con respecto a la var. *typica* obtuvo 20,43 °brix y fertilización con Poliquel calcio obtuvo 20,78 °brix. Asimismo, el factor fertilización con Poliquel + Agasol 10-5-40 favoreció significativamente el diámetro polar. Además, se observó que el factor variedad, influyó significativamente en diámetro ecuatorial, pH, número de flores y producción alcanzando 1,90 kg/planta y 6284 kg/ha con respecto a var. *typica*.

**Palabras claves:** cuaje, epicarpio, preantesis, abscisión.

## Abstract

Ecuadorian coffee is one of the most popular products at the international level, recognized for its quality. However, little research has been done on the effect of foliar nutrition during the flowering and fruit set stages. For this reason, it is necessary to provide information on fertilization programs in the reproductive stage, seeking to optimize the productive capacity. The objective of the present study was to determine the effect of foliar fertilization applied during the reproductive stage on the yield of two coffee varieties at the Agro Loja farm in Malacatos. For this purpose, a field trial was carried out under an experimental design of divided fields, taking the *typica* and *caturre* varieties as the main plot, and the subplots had three different treatments using foliar fertilizers, Poliquel calcium, Agasol 10- 5-40, their combination, plus the control. The treatments were applied every 20 days from floral pre-anthesis until about 181 days after pre-anthesis, for a total of 10 applications. The following variables were evaluated: fruit set, fruit growth, phenology, fruit abscission, °brix, pH, titratable acidity, cherry epicarp colorimetry, production per plant and hectare. In the results, no significant differences were found between the interaction of variety and fertilization in the variables of fruit set, abscission, titratable acidity and colorimetry of the epicarp, except for °brix which presented significant differences independently between the two factors with respect to the var. *typica* obtained 20.43 °brix and fertilization with Poliquel calcium obtained 20.78 °brix. Likewise, the factor fertilization with Poliquel + Agasol 10- 5-40 significantly favored the polar diameter. In addition, it was observed that the variety factor had a significant influence on equatorial diameter, pH, number of flowers and production, reaching 1.90 kg plant and 6284 kg per hectare with respect to *typica*.

**Key words:** fruit set, epicarp, preantesis, abscission.



### 3. Introducción

El café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, preparada por infusión a partir de las semillas del fruto debidamente procesadas y tostadas, aporta ingresos a más de 25 millones de familias caficultoras, siendo uno de los productos más comerciales en el mercado internacional ([Cassamo et al., 2023](#); [Hunt et al., 2020](#)). El café ecuatoriano es reconocido por su calidad; a pesar de ello, no se han logrado los niveles de desarrollo que muchos esperan de una actividad económica tan importante ([Santistevan et al., 2014](#)), la mayoría produce café de manera tradicional sin conocer el contenido material real de su grano y el simbolismo de sus procesos. Por lo tanto, no han podido utilizar estos distintivos a su conveniencia para mejorar su calidad de vida ([Chiriboga et al., 2022](#)).

Las exportaciones ecuatorianas de café tienen gran acogida en el mercado internacional ([Chango & García 2021](#)). Para el año 2019, según el Banco Central del Ecuador, correspondió a 5,6 millones de USD en café crudo y café elaborado con 64 millones de USD, lo cual representa a un 0,03 % y 0,031 % de exportaciones totales ([Chiriboga et al., 2022](#)). Al gozar de una amplia diversidad de ecosistemas, produce un café de excelente calidad en 23 de 24 provincias del país, otorgando empleo para un gran porcentaje de población ([León et al., 2020](#); [Sánchez et al., 2018](#)). A pesar de ello, existen limitaciones en el cultivo de café, como la falta de conocimiento, escasa e ineficiente asistencia técnica y deficiente inversión para el manejo de los cafetales. Se requiere programas de manejo nutricional adecuado y eficiente que garantice el suministro de nutrientes necesarios para mantener un óptimo desarrollo y un potencial máximo de producción ([Clay et al., 2018](#); [León et al., 2020](#)).

Estudios relacionados con fertilización, hablan de una considerable influencia sobre la productividad de las cosechas ([García et al., 2019](#); [Kutasy et al., 2022](#); [Waters et al., 2017](#)). La nutrición influye principalmente en el crecimiento vegetativo, producción de flores y por consiguiente, cuajado de frutos ([Fageria et al., 2009](#); [García et al., 2019](#); [Hunt et al., 2020](#)). De igual manera se han manifestado los beneficios de las aspersiones foliares de nutrientes sobre varios cultivos ([Berilli et al., 2020](#); [Gutierrez et al., 2002](#)); sin embargo, poco se ha investigado sobre el efecto que tiene esta práctica en etapa de floración y cuajado del fruto, y mucho menos información sobre la aplicación en las diferentes variedades, empleo de diversos fertilizantes, tanto en términos de cantidad, y frecuencia de aplicación, por lo que se sugiere que se realice más trabajos en busca de optimizar la capacidad productiva. Por ende, es

importante buscar soluciones prácticas adoptando o diseñando programas de fertilización y nutrición en la etapa reproductiva, que mejoren el rendimiento y la productividad del café, mejorando ingresos de los caficultores. Con base en este contexto se propuso los siguientes objetivos:

**3.1. Objetivo general:**

- Determinar el efecto de la fertilización foliar aplicada en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos.

**3.2. Objetivos específicos:**

- Describir el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en el desarrollo y maduración de los frutos de café variedad *caturra* y *typica* en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos.
- Establecer el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en el rendimiento del café variedad *caturra* y *typica*, en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Generalidades:

El café es una planta perenne, perteneciente al género *Coffea* L. ([Campos et al., 2019](#)), subfamilia *Rubiaceae*. Las especies de mayor producción son café arábigo (*Coffea arábica* L.) y café robusto (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). La primera genera productos de buena calidad ([Aaron et al., 2012](#)) y comprende más del 60 % del café consumido globalmente, catalogado como el mejor café por sus singulares características organolépticas ([Serna et al., 2018](#)). Está estrechamente relacionado con la combinación de condiciones como la variedad, el suelo, el clima, las prácticas agrícolas, la recolección selectiva y el procesamiento ([Ramos et al., 2014](#)).

Entre las variedades más cultivadas de la especie arábigo que han permitido la producción nacional en cantidad y calidad de bebida tenemos *Caturra*, *Catuai*, *Pache*, *Parché Colis*, *Bourbon*, *Mundo Novo*, *Typica* entre otras ([Alvarado & Rojas, 1994](#)). Esta especie presenta un buen desarrollo en altitudes entre 1300 y 1800 m s.n.m, con precipitaciones anuales de 1 500 a 2 500 mm ([Melese & Kolech, 2021](#)), con temperatura de 18 a 21 °C, hasta 24 °C. Por otro lado, temperaturas menores o mayores a este rango afectan directamente a la calidad del producto ([Aaron et al., 2012](#)).

### 4.2. Crecimiento reproductivo

Alvarado & Rojas ([1994](#)), definen al café como una planta leñosa erecta que puede alcanzar alturas entre 2,0 y 5,0 m; la cual produce tres tipos de yemas que pueden originar hojas, tallo, ramas laterales o primarias y éstas a su vez generar ramas secundarias y progresivamente ramificaciones terciarias o palmillas. Asimismo Melese & Kolech ([2021](#)), mencionan que, a partir de los 3 a 4 años después de los trasplantes, aparecen las yemas florales hermafroditas blancas en racimos. Estas se agrupan en glomérulos protegidos por cálculos, varían de 2 a 19 flores por axila de la hoja. Krug et al., ([2022](#)) indican, que cada flor posee cinco estambres insertos en el tubo de la corola, alternando con los pétalos ([Krug et al., 1950](#)).

La floración viene acompañada de un intervalo de lluvias, antecedido de un periodo seco. En las primeras horas de la mañana se abren las flores, dando lugar a la liberación de polen ([DaMatta et al., 2007](#)). El estilo permanece recesivo durante tres a cuatro días, desde que se abre el capullo, dependiendo de las condiciones ambientales. Durante la polinización

se fusionan los núcleos polares con un núcleo masculino formando el endospermo, que luego dará lugar al grano de café ([Bossolasco, 2009](#)).

#### 4.3. Fenología de la reproducción

La fase reproductiva de café es un proceso fisiológico que involucra distintos cambios fenológicos ([Perez et al., 2021](#)); aplicando la escala BBCH, después de la floración, los pétalos se oscurecen y caen, las pequeñas bayas son visibles (estado 70). Inicialmente, los frutos crecen muy lentamente durante las primeras 4 a 8 semanas, alcanzando la etapa conocida como "cabeza de alfiler" (estado 71). Posteriormente, los frutos comienzan un rápido crecimiento y aumentan de volumen durante 10-11 semanas. Son de color verde intenso, su contenido es líquido y alcanzan el estadio 73, cuando alcanzan cerca del 30 % del tamaño final. En la etapa 77, los frutos aparecen de color verde oscuro y el contenido de semillas se solidifica. Aproximadamente 28 semanas después de la floración, es de color verde pálido, ha alcanzado la madurez fisiológica y está listo para la maduración. También ha alcanzado el 90% de su tamaño final ([Arcila et al., 2002](#)).

Maduración de la fruta y semilla, alrededor de los 200 días después de la floración, comienzan a cambiar de color de verde a amarillo (estado 81). El color del fruto aumenta en intensidad, con zonas amarillas y rojas (estado 85); finalmente, alrededor de los 240 días después de la floración (estado 88), está completamente roja y lista para cosechar ([Arcila et al., 2002](#)).

#### 4.4. Requerimientos nutricionales del café

[Higueta \(2015\)](#) recomiendan que, para lograr producciones estables durante la vida activa del cafeto, depende en gran parte de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrientes requeridos. Con este propósito es recomendable el uso de fórmulas integradas que incluyan nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (k), magnesio (Mg) y boro (B) ([Al-Juthery et al., 2018](#); [Arysta, 2019](#)).

Para cafetales tecnificados a 35% de sombra, las cantidades de nitrógeno (N) y potasio (K<sub>2</sub>O) varían entre 300 y 260 kg/ha/año, 50 kg/ha/años de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), magnesio (MgO) y azufre (S), tomando como referencia el análisis de suelo ([Higueta, 2015](#)).

#### 4.5. Fertilización foliar

Las aplicaciones foliares es la técnica de alimentación mediante la pulverización de fertilizantes líquidos u otros productos químicos o naturales directamente a las hojas de macro y micronutrientes que son más efectivos en término de obtener el máximo rendimiento y reducir las pérdidas ([Al-Juthery et al., 2018](#)). Es un suceso de varias vías, las hojas están recubiertas por una estructura cuticular no celular, que actúa como barrera a las sustancias externas ([Kerstiens, 2006](#)).

De esta manera ha surgido un interés creciente en la fertilización foliar para el manejo eficaz de cultivos con el fin de enfrentar problemas como condiciones del suelo con disponibilidad limitada de nutriente, pérdida por lixiviación de fertilizantes edáficos y limitaciones que aparecen cuando las condiciones ambientales limitan la absorción y entrega de nutrientes a los órganos de las plantas durante etapas críticas ([Liu et al., 2021](#)). La absorción de nutrientes ocurre directamente en la hoja, donde todos los nutrientes pueden distribuirse. No obstante, la deficiencia de nutrientes podría provocar fallas en el crecimiento y la reproducción de las plantas ([Li et al., 2016](#)), especialmente aquellos de baja movilidad en la planta como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) ([Davarpanah et al., 2016](#)), y los micronutrientes que desempeñan un papel importante en el crecimiento de la planta, el rendimiento y calidad de la fruta, como zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mg), boro (B) y molibdeno (Mo) ([Betancourt et al., 2005](#); [García et al., 2019](#)).

La fertilización foliar se distribuye en 3-4 aplicaciones al año, iniciando la primera en prefloración o inicios de floración, la segunda en post floración o inicio de formación de frutos, y las dos siguientes durante el período de llenado de frutos ([Gutierrez et al., 2002](#)).

#### 4.6. Mecanismo de penetración dentro de la planta

Las estructuras y superficies aéreas de la planta también están bien adaptadas para controlar el paso del agua y gases, y limitar así la pérdida de nutrientes, metabolitos y agua interna desde la planta al medio ambiente en condiciones desfavorables ([Gutierrez et al., 2002](#)).

Las sustancias disponibles se desplazan a lo largo de la vía apoplástica de las paredes celulares de las células epidérmicas y mesófilas, o se absorben a través de la membrana plasmática de las células de las hojas y se transporte a lo largo de la vía simplásica dentro de

las células, antes de llegar al floema ([Kerstiens, 2006](#)). De esta manera, también pueden utilizar los fertilizantes que caen sobre los tallos y las flores. El mecanismo es similar al de las hojas, ya que las estructuras superficiales de los tallos y las flores son similares a las de las hojas ([Li et al., 2016](#)).

Quizá la práctica de mayor peso en el manejo de café es una adecuada fertilización que ayuda a obtener un óptimo desarrollo y un potencial máximo de producción. La fertilización foliar es una alternativa que ha demostrado importancia agrícola, permitiendo una corrección rápida que mejora rendimientos y calidad en cosechas ([Berilli et al., 2020](#)).

Un estudio en Chile habanero Camarena & Portalatino, ([2018](#)), demostró que las aplicaciones foliares de sulfato de zinc y nanofertilizante de zinc a una concentración de 1000 mg L afectaron positivamente la altura de la planta, el diámetro del tallo y el contenido de clorofila, y aumentó el rendimiento de frutos y la acumulación de biomasa en comparación con los tratamientos de control ([Deshpande et al., 2018](#)).

Las aspersiones foliares de sulfato de zinc y nanofertilizantes de zinc de 10 mg/L, comparadas con plantas no tratadas en el transcurso de 45 días, en plantas de café, mostraron efectos positivos en el peso fresco y el peso seco de raíces y hojas, aumentando el FW en un 37% (raíz) y un 95% (hojas) en comparación con el control ([Aga, 2005](#); [Rossi et al., 2019](#)).

Un análisis realizado en propagación de café, utilizando sustrato de yodo curtiduría, sometido a fertilización foliar (tres aplicaciones) con nitrógeno y potasio utilizando 0,3 g de urea y 0,3 de cloruro de potasio, comparado con las plántulas no tratadas, mostró que la fertilización foliar suplementaria ayudó a ganancias significativas en la masa de materia seca de las raíces y partes aéreas con un 17 % y 19 % respectivamente ([Berilli et al., 2020](#)).

#### 4.7. Fuentes de fertilización foliar

##### 4.7.1. Sales minerales inorgánicas:

Entre los principales encontramos yacimientos, carbonatos y sales metálicas como sulfatos, cloruros y nitratos. Los sulfatos son más solubles y poseen un menor índice salino, comparado con los cloruros y nitratos, por lo que existe menos riesgo de quema de follaje. Los sulfatos más utilizados son de Fe, Cu, Zn y Mn; también se puede mezclar con otros fertilizantes. Los cloruros y nitratos se absorben más rápido a través de la cutícula foliar que los sulfatos. La aplicación de elementos mayores como N, P y K también es una práctica

frecuente. Las fuentes nitrogenadas más utilizadas son el nitrato de amonio y urea, que poseen alta solubilidad en agua ([Fernández et al., 2015](#)).

#### 4.7.2. Quelatos

Los quelatos se absorben menos eficientemente, pero una vez dentro de la planta su translocación es bastante rápida. Todo catión polivalente es capaz de formar quelatos. La estabilidad de los quelatos difiere con el catión metálico: Fe, Cu, Zn, Mn, Ca, Mg. Los quelatos son formulados para suplir nutrientes individuales o combinados. Es común encontrar formulaciones que contienen varios nutrientes, a menudo incluyendo todos los micronutrientes y algunos elementos mayores como N, Ca, Mg y S. Estas fórmulas completas son conocidas como “multiminerales” ([Gutierrez et al., 2002](#)).

Pueden encontrarse en tres categorías: sintéticos, orgánicos de cadena corta, y orgánicos naturales. Los quelatos sintéticos usualmente tienen una alta estabilidad, impiden que el catión metálico se pierda fácilmente, como el EDTA que es un agente muy versátil que forma complejos con metales catiónicos de gran estabilidad, la mayoría de los quelatos sintéticos se utilizan para acomplejar micronutrientes ([Gutierrez et al., 2002](#)).

Los quelatos orgánicos son la mayoría de origen natural, los cuales se ha observado que favorecen el crecimiento vegetativo, poseen poco riesgo de causar fitotoxicidad, lo que los hace más apropiados para aplicación foliar. Los ácidos húmicos y fúlvicos y los aminoácidos o proteínas hidrolizadas, son algunos de los quelatos orgánicos más utilizados ([Fernández et al., 2015](#)). Los ácidos húmicos y fúlvicos, que constituyen la parte más elaborada de la materia orgánica. Se derivan de diferentes materias primas originadas principalmente de yacimientos de carbón orgánico como lignitos, turbas, etc ([Gutierrez et al., 2002](#)).

#### 4.8. Funciones de los elementos

El suministro de nitrógeno (N) en café es de suma importancia para lograr un crecimiento vigoroso y buen desarrollo del fruto. Por otro lado, la deficiencia de este elemento causa amarillamiento en las hojas debido a la falta de clorofila ([Alvarado & Rojas, 1994](#)).

La implementación de boro (B), ayuda a mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos; influye sobre la germinación de los granos de polen, el alargamiento del tubo polínico, el cuajado y el rendimiento de los frutos, y también es indirectamente responsable

de la activación de las enzimas deshidrogenasas, la translocación de azúcares, los ácidos nucleicos y las hormonas vegetales ([Davaranah et al., 2016](#)).

En un estudio [Ramírez et al. \(2020\)](#), identificó el pico de absorción de Ca +2 en plantas de café en etapas productivas, la cual fue durante la prefloración y 120 días después de la floración, para de esta manera asegurar un rápido desarrollo de la cereza. Alvarado & Rojas ([1994](#)) mencionan que él (Ca), ayuda a incrementar la longitud en las raíces y nuevos brotes, así mismo forma parte de la pared celular e incluye en el aprovechamiento de otros nutrientes.

Alvarado & Rojas ([1994](#)) hablan, sobre la participación de (P) en procesos metabólicos que estimula la división celular y en el crecimiento de nuevos brotes en plantas de café, como también contribuye en la floración y su fertilidad por medio del polen, y es esencial para la buena formación del fruto y de la semilla. De igual manera, [Torres \(2016\)](#) señala la importancia del (P) en los procesos de maduración de frutos, fundamental en la formación y translocación de sustancias como azúcares y almidón, mejorando la formación, calidad de los frutos y semillas.

[Al-Juthery et al. \(2018\)](#), destaca que la aplicación de (P), como de (K) en trigo favorecieron el mejoramiento de la actividad fotosintética y el transporte de nutrientes a los granos durante la maduración. Posteriormente, la deficiencia de (K), puede resultar pérdidas en el rendimiento. Además, [Cardona \(2017\)](#) afirma que la presencia de (K) acelera la maduración de frutos, ayuda a buen desarrollo de flores, frutos y semillas, mejor forma de semilla, resistencia al daño físico en el transporte y almacenamiento.

Alvarado & Rojas ([1994](#)) manifiestan que el magnesio (Mg) es uno de los principales componentes de la molécula de clorofila, por este motivo es de mucha importancia en el proceso fotosintético, así mismo contribuye en el aprovechamiento del fósforo dentro de la planta. [Mederos \(2010\)](#) manifiesta que él (Mg) actúa en la formación de proteínas, vitaminas, azúcares y glucosas, en la transferencia de energía durante la síntesis de almidones y aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades y diferentes factores climáticos.

#### 4.9. Fertilizantes del ensayo

##### 4.9.1. *Poliquel calcio*

El Poliquel es una línea de fertilizantes foliares líquidos quelatados de muy alta concentración, indicados para usarse en frutales y otros cultivos frente a deficiencias



nutricionales. Compuesto por calcio (Ca) al 10 %, magnesio (Mg) al 1%, boro (b) al 0,5 %, molibdeno (Mo) 10 ppm ([Arysta, 2019](#)). La importancia del calcio está relacionada con la estabilidad, estructura y rigidez de la pared y membranas de las células, lo que da como resultado tejidos más resistentes y firmes; además, se ha observado su influencia en la reducción de la senescencia, los desórdenes fisiológicos y patológicos ([Mulkay et al., 2003](#)).

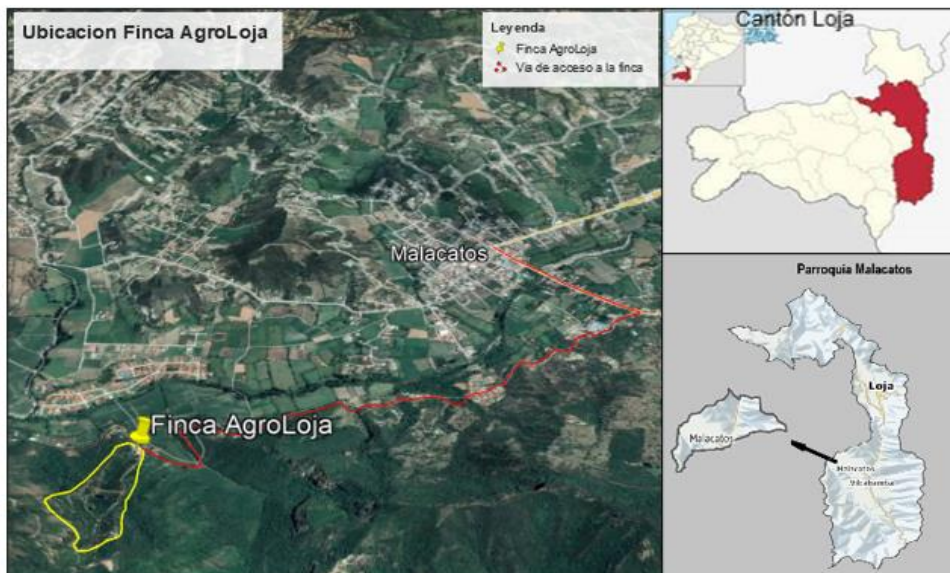
#### *4.9.2. Agasol 10-5- 40 + TE*

Es un fertilizante inorgánico soluble de origen italiano, compuesto de nitrógeno (N) al 10 %, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) al 5 %, potasio (K<sub>2</sub>O) al 40 %, boro (B) 0,010 %, hierro (Fe) 0,025%, manganeso (Mn) 0,013 % y molibdeno (Mn) 0,001 %, que se aplica en la etapa de engrose y maduración de las frutas, granos y flores.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización del estudio

La etapa experimental de este estudio se realizó durante el periodo marzo a noviembre del año 2023, en la Finca Agro Loja, ubicada en la parroquia Malacatos, del cantón y provincia de Loja, Ecuador. La área está ubicada geográficamente a una latitud  $4^{\circ}14'00.5''$  Sur y una longitud oeste de  $79^{\circ}16' 26.4''$ W (Figura 1), con una altitud de 1 468 m s.n.m. Cuenta con un clima subtropical seco, con una temperatura media anual de  $20,6^{\circ}\text{C}$ , una precipitación media anual de 733 mm, una humedad relativa que fluctúa entre los 70 – 80 % (Amativo, 2022). Las determinaciones de pH, acidez, °brix, colorimetría se efectuaron en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.



**Figura 1.** Localización geográfica de la finca AgroLoja, cantón Loja, Parroquia Malacatos.

### 5.2. Descripción del experimento

Se realizó un diseño experimental bifactorial de parcelas divididas (PDP), que se llevó a cabo en lotes de café (*C. arábica* L.), tomando como parcelas principales las variedades *caturra* y *typica* (Figura 2); y las subparcelas la fertilización foliar con cuatro tratamientos y tres repeticiones (Tabla 1.); la unidad experimental serán cinco plantas por tratamiento, sembradas a una distancia de plantación de 2 m x 1,50 m, dando un total de 60 plantas por variedad, de 7 años de edad a libre exposición solar. Los tratamientos fueron aplicados cada 20 días a partir de la preantesis (29 de marzo), hasta alrededor de 181 días después de la preantesis (25 de septiembre), con un total de 10 aplicaciones.

<i>Var. Typica</i>				<i>Var. Caturra</i>			
T1	T4	T2	T3	T1	T4	T2	T3
T4	T3	T1	T2	T4	T3	T1	T2
T3	T2	T4	T1	T3	T2	T4	T1

Figura 2. Diseño experimental establecido en campo

Tabla 1. Tratamientos experimentales

Tratamiento	Factor	
	Variedad	Fertilización
T1	<i>Typica</i>	Control
T2	<i>Typica</i>	Poliquel calcio
T3	<i>Typica</i>	Agasol 10-5-40+TE
T4	<i>Typica</i>	(Poliquel calcio) + (Agasol 10-5-40+TE)
T5	<i>Caturra</i>	Control
T6	<i>Caturra</i>	Poliquel calcio
T7	<i>Caturra</i>	Agasol 10-5-40+TE
T8	<i>Caturra</i>	(Poliquel calcio) + (Agasol 10-5-40+TE)

### 5.3. Esquema del modelo matemático del diseño experimental

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media global de la variable de respuesta

$\alpha_i$  = Efecto de la parcela (i: Variedad *típica* y *caturra*)

$\delta_{ik}$  = Error de la parcela

$\beta_j$  = Efecto de la subparcela (los fertilizantes j: Poliquel calcio, Agasol 10- 5-40 + TE)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre parcela y subparcela

$\varepsilon_{ij}$  = Error de la subparcela

### 5.4. Variables evaluadas

#### 5.4.1. Número de flores y cuaje de frutos por rama

Se seleccionó cinco plantas de cada subparcela, en las que se marcaron cuatro ramas en relación con los cuatro puntos cardinales del tercio medio, en la que se notó la presencia de botones florales en preantesis (estado 59), se realizó el conteo de ellos y el número de ramas que presentaban botones en el mismo estado y 24 días después de la floración, se

contabilizó el número de frutos obtenidos (estado 70) en cada una de las ramas, con el fin de obtener el porcentaje de frutos cuajados.

#### *5.4.2. Abscisión y crecimiento de frutos*

Se marcaron 10 frutos de los obtenidos en cada rama señalada, 50 por unidad experimental, se registraron los frutos caídos durante cada visita hasta la cosecha y se determinó el porcentaje de abscisión al final. De los mismos, con el objetivo de observar el crecimiento del fruto, a partir del estado 71, se registró el diámetro ecuatorial y polar, hasta el estado 79, con la ayuda de un pie de rey [Marín et al. \(2004\)](#). Se realizó el seguimiento cada 20 días.

#### *5.4.3. Grados Brix*

Se tomaron 10 frutos de café cerezo cosechados, utilizando un refractómetro digital Hanna modelo HI96801, se registró la lectura °brix del zumo del mucílago por cada tratamiento ([Juárez et al., 2018](#))

#### *5.4.4. pH de la pulpa del cerezo*

Para la determinación de esta variable, se licuó 20g de pulpa de café con agua destilada por tratamiento, con la ayuda de un potenciómetro multiparamétrico Hanna HI 9811-5, se determinaron los valores requeridos.

#### *5.4.5. Acidez titulable del mucílago del cerezo*

Se seleccionaron se emplearon 20 g de pulpa de café, se licuó con 80 ml de agua destilada, por cada unidad experimental, se realizó una titulación con 0,1 N NaOH hasta pH 8,1- 8,4. Los gastos de NaOH se transformaron según la siguiente formula: % de acidez=  $(V \times N \times \text{meq} \times 100) / M$ ; Donde: V= volumen gastado en la titulación. N= normalidad de la base, generalmente 0,1 meq= valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez ([Fierro et al., 2018](#); [Puerta & Ríos, 2014](#)).

#### *5.4.6. Colorimetría del epicarpio del cerezo*

Para la determinación del color del fruto, se usó cinco frutos de café por cada tratamiento, y con la ayuda de un colorímetro modelo PCE – CSM 4, se determinó el índice de color a partir de los parámetros del sistema color CIELAB: L\* indica la luminosidad de 0 (negro) a 100 (blanco), valores de a\* positivos y negativos representan tonalidades de rojo y verde,

respectivamente, mientras que resultados positivos y negativos de b\* representan amarillo y azul, respectivamente ([Juárez et al., 2018](#)).

#### *5.4.7. Producción de café cereza por planta*

Durante la cosecha se registró el peso en una balanza digital, de 10 cerezas al azar, para obtener el peso promedio de cereza por tratamiento. Utilizando la siguiente fórmula:

Rendimiento por planta (kg/planta) = Peso de frutos (g) x Número de frutos por rama (n) x Número de ramas productoras ([Rendón et al., 2008](#)).

#### *5.4.8. Producción de café cereza (kg/ha)*

A partir de los datos obtenidos se estimó la producción en kilogramos por hectárea con la densidad de siembra del cultivo (3300 plantas/ha), por tratamiento y variedad respectivamente ([Burbano et al., 2022](#)).

### 5.5. Análisis Estadístico

Se llevó a cabo el análisis en el programa estadístico Infostat, los datos fueron sometidos a un análisis de supuestos, luego se realizó análisis de varianza (ANAVA) y prueba no paramétrica de Tukey a 5% de significancia, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos por cada variable evaluada, de esta manera identificar cuál es el mejor tratamiento.

## 6. Resultados

### 6.1. Cuajé y abscisión de frutos

La interacción de variedad y fertilización no presentó un efecto significativo sobre la variable de cuajé de frutos ( $p$ -valor=0,6302). A pesar de ello, el mayor porcentaje de cuaje registró el tratamiento 4 con 83,17 %, mientras el menor valor de cuaje corresponde al tratamiento 5 con 70,40 % (Tabla 2).

En la variable de abscisión de frutos, no presentaron diferencias estadísticas significativas para la interacción variedad y fertilización ( $p$ -valor= 0,8431), no obstante, el mayor porcentaje de abscisión fue el tratamiento 1 con un valor de 18 % y el tratamiento con el menor valor fue el tratamiento 3 con 9,33 % (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de variedad y fertilización sobre el porcentaje de cuajamiento y abscisión de frutos registrados por tratamientos.










Tratamiento	Factor		Frutos cuajados\rama (%)	Abscisión de frutos\rama (%)
	Variedad	x Fertilización		
1	<i>Typica</i>	Testigo	80,67	18
2	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio	81,80	17,33
3	<i>Typica</i>	Agasol	82,80	9,33
4	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio + Agasol	83,17	12,67
5	<i>Caturra</i>	Testigo	70,40	16
6	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio	71,87	12,67
7	<i>Caturra</i>	Agasol	82,17	10,67
8	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio + Agasol	79,07	15,33
<b>Variedad</b>			ns	ns
<b>Fertilización</b>			ns	ns
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns	ns

### 6.2. Fenología del fruto de café

En la Tabla 3. Se presenta el desarrollo de los cambios fenológicos de café, ocurrido durante el periodo de evaluación, donde se logró identificar nueve estados fenológicos, que corresponden a los siguientes códigos: 59 botones florales en preantesis día 0 (días después de la aplicación de los tratamientos, durante la preantesis floral, DDA), estado 69 botones florales en antesis o apertura floral, 8 días después de haber ocurrido la preantesis. Para la

fase de desarrollo del fruto, a partir del estado 70 frutos visibles muy pequeños amarillentos, se logró apreciar a los 24 DDA, estado 71 (cabeza de alfiler) a los 60 DDA, estado 73 a los 90 DDA, estado 77 a los 138 DDA, hasta el estado 79 a los 171 DDA. Para la fase de maduración del fruto y semilla, se presentó a partir del día 195 DDA código 85, y se extendió hasta los 219 DDA para el periodo de cosecha código 88 de acuerdo a la escala BBCH (Arcila et al., 2002).

**Tabla 3.** Descripción de los estados fenológicos del fruto de café en la finca AgroLoja

Imagen	Código	Descripción	DDA
<b>Desarrollo de la Flor</b>			
	59	Pétalos cerrados, blanquecinos	0
<b>Etapas de floración</b>			
	69	Botones florales en anthesis o apertura floral, cerca del 90% de las flores en la planta están abiertas	8
<b>Etapas de desarrollo del fruto y semilla</b>			
	70	Pétalos marchitos, frutos visibles muy pequeños, amarillentos.	24
	71	Frutos pequeños (cabeza de alfiler) con el 10% de su desarrollo.	60
	73	Frutos color verde intenso, su contenido es líquido y alcanza el 30% de su desarrollo.	90
	77	El contenido de los frutos se solidificó.	138
	79	Frutos color verde claro, alcanzaron su desarrollo y madurez fisiológica.	171
<b>Etapas de Maduración del fruto y semilla</b>			
	85	Frutos con áreas verdes y rojas.	195
	88	Frutos completamente rojos, listos para cosechar.	219

### 6.3. Crecimiento del fruto

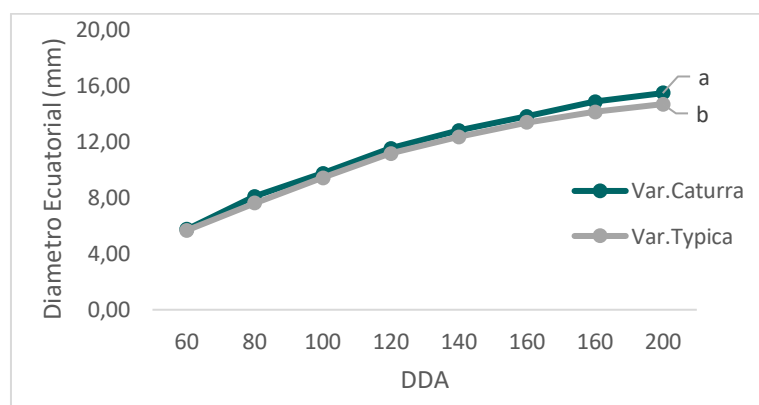
#### 6.3.1. Diámetro ecuatorial

En relación a diámetro ecuatorial del fruto de café, no presentó diferencias significativas en la interacción entre los factores variedad y fertilización (p-valor=0,9288). No obstante, el promedio más alto presentó el tratamiento 8 con 15,76 mm, en cambio el promedio más bajo obtuvo el tratamiento 3 con 14,48 mm (Tabla 4).

Por otro lado, el factor variedad tuvo un efecto independiente, revelando diferencias significativas ( $p$ -valor=0,0310); en el cual var. *Caturra* mostró un promedio de 15,45 mm, mientras que la var. *Typica* obtuvo un promedio de 14,67 mm (Figura 3).

**Tabla 4.** Efecto de variedad y fertilización, sobre el diámetro ecuatorial de los frutos de café por tratamiento.

Tratamiento	Factor		Diámetro ecuatorial
	Variedad	x Fertilización	
8	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio + Agasol	15,76 a
6	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio	15,55 ab
5	<i>Caturra</i>	Testigo	15,26 ab
7	<i>Caturra</i>	Agasol	15,25 ab
2	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio	14,87 ab
4	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio + Agasol	14,79 ab
1	<i>Typica</i>	Testigo	14,54 ab
3	<i>Typica</i>	Agasol	14,48 b
<b>Variedad</b>			*
<b>Fertilización</b>			ns
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns



**Figura 3.** Efecto de la variedad sobre el diámetro ecuatorial del fruto de café desde los 60 a 200 DDA. Medias con letras diferentes expresan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

### 6.3.2. Diámetro polar

El diámetro polar del fruto de café, a los 200 días después de la aplicación de los tratamientos (DDA), no presentó diferencias significativas en la interacción entre los factores variedad y fertilización ( $p$ -valor=0,5999), sin embargo, las medias más altas fueron el

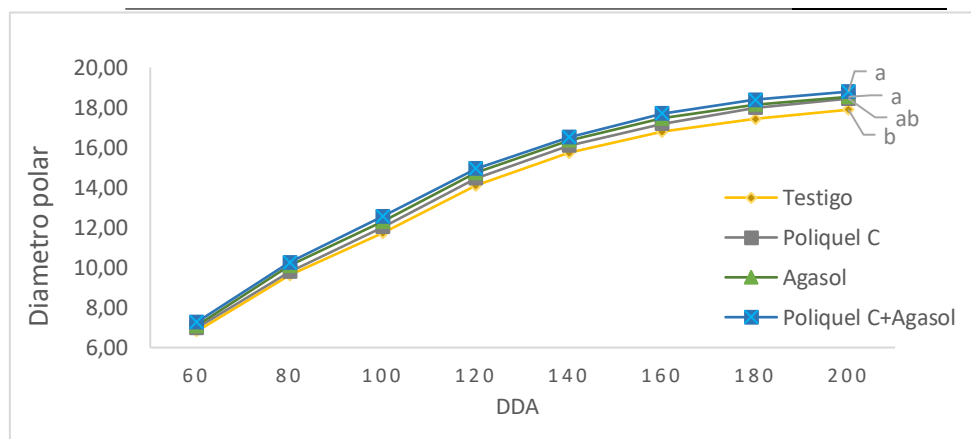


tratamiento 8 con 18,83 mm y tratamiento 4 con 18,76 mm los cuales se difiere del tratamiento 5 con 17,72 mm, correspondiente a la media más baja (Tabla 5).

Además, el factor fertilización actuó de manera independiente, donde se encontró diferencias significativas ( $p$ -valor=0,0049), presentando un mayor promedio los tratamientos con fertilización de Poliquel C+ Agasol con 18,79 mm y Agasol con 18,53 mm, los cuales se difieren significativamente del testigo con 17,89 mm (Figura 4).

**Tabla 5.** Efecto de variedad y fertilización, sobre el diámetro polar de los frutos de café.

Tratamiento	Factor		Diámetro polar
	Variedad	x Fertilización	
8	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio + Agasol	18,83 a
4	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio + Agasol	18,76 a
7	<i>Caturra</i>	Agasol	18,61 ab
2	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio	18,52 ab
3	<i>Typica</i>	Agasol	18,45 ab
6	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio	18,38 ab
1	<i>Typica</i>	Testigo	18,06 ab
5	<i>Caturra</i>	Testigo	17,72 b
<b>Variedad</b>			ns
<b>Fertilización</b>			*
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns



**Figura 4.** Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre el diámetro polar del fruto de café desde los 60 a 200 DDA. Medias con letras diferentes expresan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ). DDA= Días después de la aplicación de los tratamientos.

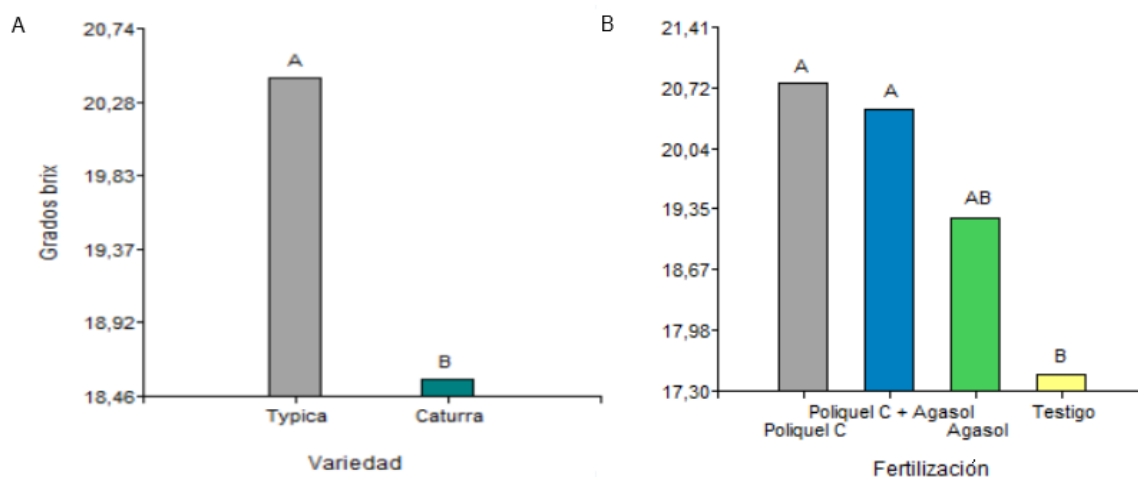
#### 6.4. Grados brix de la pulpa del café cerezo

En lo referente a la variable de °brix la pulpa del café cerezo, evaluada en el momento de la cosecha, no se encontró diferencias significativas en la interacción de variedad y fertilización (p-valor=0,2370), aun así, se observó que el mejor promedio consiguió el tratamiento 2 con 22,43 °brix, a diferencia del tratamiento 1 con 17,77 °brix y tratamiento 5 con 17,20 °brix que corresponden a los promedios más bajos (Tabla 6).

A pesar de ello, ambos factores actuaron de manera independiente y revelaron diferencias significativas (Figura 5 A). La variedad tuvo un efecto significativo (p-valor=0,0029), donde la var. *Typica* registró 20,43 °brix, mientras que la var. *Caturra* registró 18,87 °brix. En cuanto a fertilización, reveló diferencias significativas (p-valor= 0,0007), los tratamientos que obtuvieron los mayores valores fueron fertilización con Poliquel C y Poliquel C + Agasol, con un valor de 20,78 y 20,48 °brix; los cuales son estadísticamente diferentes al testigo con 17,78 °brix (Figura 5 B).

**Tabla 6.** Efecto de variedad y fertilización, sobre °brix la pulpa del café cerezo por tratamiento.

Tratamiento	Factor		°Brix
	Variedad	x Fertilización	
2	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio	22,43 a
4	<i>Typica</i>	Poliquel Calcio + Agasol	21,37 ab
3	<i>Typica</i>	Agasol	20,17 abc
8	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio + Agasol	19,60 abc
6	<i>Caturra</i>	Poliquel Calcio	19,13 bc
7	<i>Caturra</i>	Agasol	18,33 bc
1	<i>Typica</i>	Testigo	17,77 c
5	<i>Caturra</i>	Testigo	17,20 c
<b>Variedad</b>			*
<b>Fertilización</b>			**
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns



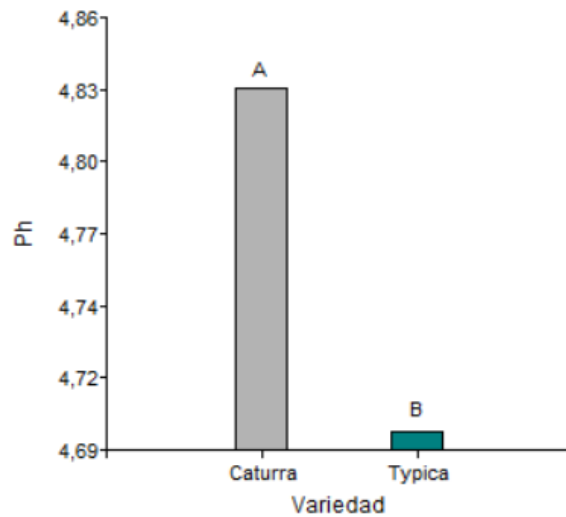
**Figura 5.** Efecto del factor Variedad (A) y el factor Fertilización (B), sobre °brix la pulpa del café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

### 6.5. pH de la pulpa del cerezo

En lo referente a la variable de pH, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre la interacción del factor variedad y tratamiento ( $p$ -valor=0,2682), donde el tratamiento 5 resultó con el promedio más alto de 4,94 pH; sin embargo, el menor promedio presentó el tratamiento 3 con 4,65 pH (Tabla 7). Por otro lado, el factor variedad tuvo un efecto significativo ( $p$ -valor=0,0090), donde la var. *Caturra* registró 4,83 pH, mientras que la var. *Typica* obtuvo 4,70 pH (Figura 6).

**Tabla 7.** Efecto de variedad y fertilización, sobre el pH de la pulpa del café cerezo por tratamiento.

Tratamiento	Factor		pH
	Variedad	Fertilización	
5	<i>Caturra</i>	Testigo	4,94 a
8	<i>Caturra</i>	Poliquel C+ Agasol	4,88 ab
6	<i>Caturra</i>	Poliquel C	4,77 ab
2	<i>Typica</i>	Poliquel C	4,74 ab
7	<i>Caturra</i>	Agasol	4,73 ab
1	<i>Typica</i>	Testigo	4,70 ab
4	<i>Typica</i>	Poliquel + Agasol	4,70 ab
3	<i>Typica</i>	Agasol	4,65 b
	<b>Variedad</b>		*
	<b>Fertilización</b>		ns
	<b>Variedad*Fertilización</b>		ns



**Figura 6.** Efecto del factor variedad sobre pH de la pulpa del café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

#### 6.6. Acidez titulable del mucílago del cerezo

En la Tabla 8. los resultados de acidez titulable del mucílago del café no revelaron diferencias significativas entre el factor variedad y fertilización ( $p$ -valor=0,5775); mostró valores que fluctúan entre 0,24 % tratamiento 5 y 0,40 % tratamiento 2.









**Tabla 8.** Efecto de variedad y fertilización, sobre la acidez titulable del mucílago del café cerezo por tratamiento.

Tratamiento	Factor		% Acidez
	Variedad	Fertilización	
2	<i>Typica</i>	Poliquel C	0,40
1	<i>Typica</i>	Testigo	0,38
3	<i>Typica</i>	Agasol	0,37
6	<i>Caturra</i>	Poliquel C	0,36
4	<i>Typica</i>	Poliquel + Agasol	0,33
7	<i>Caturra</i>	Agasol	0,32
8	<i>Caturra</i>	Poliquel + Agasol	0,28
5	<i>Caturra</i>	Testigo	0,24
	<b>Variedad</b>		ns
	<b>Fertilización</b>		ns
	<b>Variedad*Fertilización</b>		ns

## 6.7. Colorimetría del epicarpio del cerezo

En la Tabla 9. Se presentan los valores medios y coeficientes de variación obtenidos en la evaluación del color de la epidermis de los frutos de café en cada tratamiento durante la cosecha, empleando las coordenadas  $L^*a^*b^*$ . Los valores de luminosidad  $L^*$ , donde 0 es negro y 100 blanco, no se observó diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor=0,9734) en la interacción entre variedad y fertilización; no obstante, presentó valores entre 31,75 tratamiento 6 y 36,73 tratamiento 1. Asimismo, con respecto al croma  $a^*$ , que indica tendencia hacia el verde, no existieron diferencias significativas ( $p$ -valor=0,3572), registrando valores entre 16,86 tratamiento 2 y 25,57 tratamiento 6. Del mismo modo, el croma  $b^*$ , no presentó un efecto significativo ( $p$ -valor=0,8318) que indica tendencia hacia el rojo, obtuvo valores que variaron entre 11,70 tratamiento 4 y 14,59 tratamiento 8.

**Tabla 9.** Efecto de la variedad y fertilización sobre las coordenadas cromáticas de color del epicarpio de los frutos de café cosechados.

Tratamiento	Factor		$L^*$	$a^*$	$b^*$	Color resultante
	Variedad	Fertilización				
1	<i>Typica</i>	Testigo	36,73	18,17	13,13	
2	<i>Typica</i>	Poliquel calcio	32,22	16,86	13,05	
3	<i>Typica</i>	Agasol 10-5-40+TE	33,42	21,60	12,50	
4	<i>Typica</i>	(Poliquel calcio) + (Agasol 10-5-40+TE)	32,24	23,04	11,70	
5	<i>Caturra</i>	Testigo	34,10	18,03	14,28	
6	<i>Caturra</i>	Poliquel calcio	31,75	25,57	12,34	
7	<i>Caturra</i>	Agasol 10-5-40+TE	31,95	17,26	12,42	
8	<i>Caturra</i>	(Poliquel calcio) + (Agasol 10-5-40+TE)	32,65	24,18	14,59	
	<b>Variedad</b>		ns	ns	ns	
	<b>Fertilización</b>		ns	ns	ns	
	<b>Variedad*Fertilización</b>		ns	ns	ns	

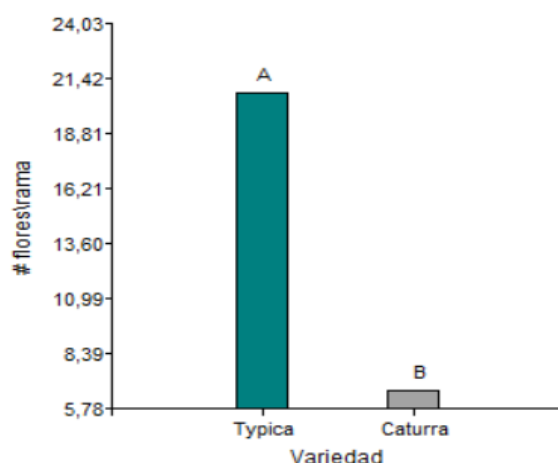
### 6.8. Número de flores por rama

En la Tabla 10. Se analiza el conteo del número de flores presentes durante la antesis. Respecto a esta variable, no se encontraron diferencias significativas ( $p$ -valor=0,5408) al analizar el efecto de la interacción de variedad y fertilización; sin embargo, el tratamiento 2 con el mejor promedio de 25,93 flores/rama se difiere de los tratamientos 6 con 5,65 flores/rama y tratamiento 1 con 4,78 flores/rama, los cuales fueron los promedios más bajos.

Aun así, en la Figura 7. Al analizar el factor variedad, actuó de manera independiente, donde se encontraron diferencias significativas ( $p$ -valor=0,0149), presentando un mayor número de flores por planta var. *Typica* con 20,75, mientras que la var. *Caturra* registró 6,61 flores/rama.

**Tabla 10.** Efecto de variedad y fertilización sobre el número de flores por rama al inicio del ensayo por tratamiento.

Tratamiento	Factor		Flores\rama
	Variedad	x Fertilización	
2	<i>Typica</i>	Poliquel calcio	23,95 a
3	<i>Typica</i>	Agasol	21,92 ab
4	<i>Typica</i>	Poliquel + Agasol	19,37 ab
1	<i>Typica</i>	Testigo	15,80 ab
8	<i>Caturra</i>	Poliquel + Agasol	9,50 b
7	<i>Caturra</i>	Agasol	6,50 b
6	<i>Caturra</i>	Poliquel calcio	5,65 b
5	<i>Caturra</i>	testigo	4,78 b
<b>Variedad</b>			*
<b>Fertilización</b>			ns
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns



**Figura 7.** Efecto del factor variedad sobre número de flores/rama en cultivo de café. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

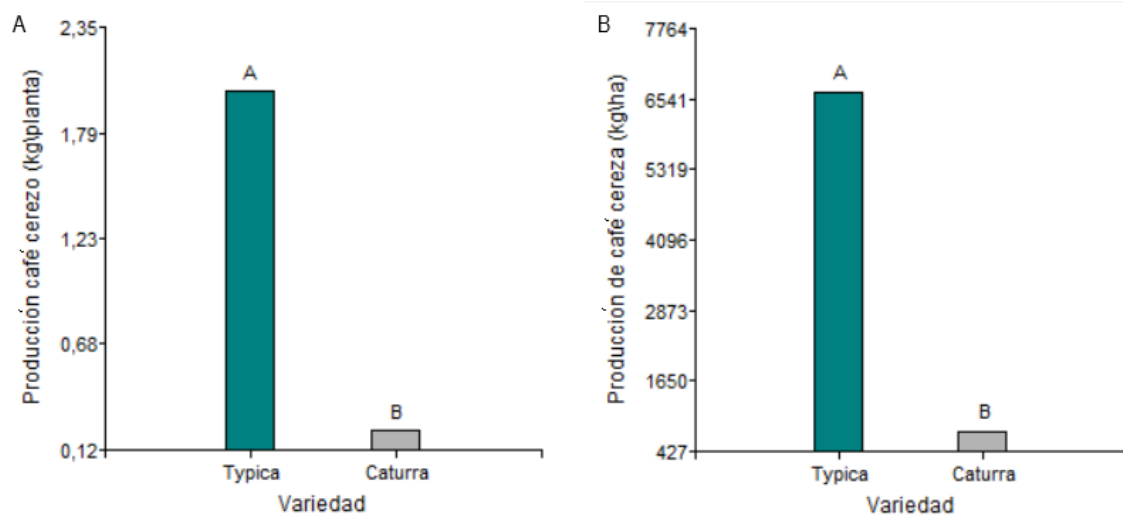
### 6.9. Producción de café cerezo

En la Tabla 11. No se encontró diferencias significativas al analizar el efecto de la interacción entre variedad y fertilización en producción de kg/planta ( $p$ -valor=0,5129) y kg/ha ( $p$ -valor=0,5070). A pesar de ello, el tratamiento 2, logró el mejor promedio de 2,53 kg/planta alcanzando 8406 kg/ha, a diferencia del tratamiento 5, de 0,13 kg/planta logrando 420 kg/ha correspondiente al promedio más bajo.

Pese a ello, el factor variedad actuó de manera independiente, mostrando diferencias significativas en producción de kg/planta ( $p$ -valor=0,0059) y kg/ha (0,0057), donde la var. *Typica* registró un rendimiento de 2,53 kg/planta, estimando 8406 k/ha, mientras la var. *Caturra* alcanzó un rendimiento de 0,13 kg/planta, obteniendo 420 kg/ha.

**Tabla 11.** Efecto del factor variedad y fertilización sobre el rendimiento en kg\planta y kg\ha de café cerezo.

Tratamiento	Factor		Kg\planta	Kg\ha
	Variedad	x Fertilización		
2	<i>Typica</i>	Poliquel calcio	2,53 a	8406 a
3	<i>Typica</i>	Agasol	2,23 ab	7406 ab
4	<i>Typica</i>	Poliquel + Agasol	2,03 ab	6798 ab
1	<i>Typica</i>	Testigo	1,23 ab	4024 ab
8	<i>Caturra</i>	Poliquel + Agasol	0,33 b	1100 b
7	<i>Caturra</i>	Agasol	0,27 b	914 b
6	<i>Caturra</i>	Poliquel calcio	0,17 b	609 b
5	<i>Caturra</i>	testigo	0,13 b	420 b
<b>Variedad</b>			*	*
<b>Fertilización</b>			ns	ns
<b>Variedad*Fertilización</b>			ns	ns



**Figura 8.** Efecto del factor variedad sobre el rendimiento en kg/planta (A) y kg/ha (B), de café cerezo. Medias con letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).



## 7. Discusión

La fertilización foliar tiene como objetivo suministrar nutrientes, favoreciendo el desarrollo equilibrado de la planta y mejorando la calidad del fruto. Este método no busca reemplazar la fertilización edáfica, sino complementar los nutrientes que necesitan las plantas, en etapas críticas ([Li et al., 2016](#)). Además, las nutriciones foliares proporcionan una respuesta rápida de calidad, que no equivale a fertilizaciones edáficas ([Gutierrez et al., 2002](#)), por tal motivo, se realizó la investigación, esperando efectos inmediatos en fase reproductiva del cafeto.

Al analizar los resultados obtenidos respecto a la variable cuaje de frutos, que fueron contabilizadas desde el momento de floración hasta la fase inicial de desarrollo de fruto, no se encontraron diferencias significativas entre la interacción de variedad y fertilización, se observaron valores entre 70,40 % y 83,17 %; los datos estuvieron cercanos a los resultados obtenidos por [Rendón et al. \(2008\)](#) en var. *Colombia* en Palestina Cladas, el cual registró porcentajes de cuajamiento entre 60,8 % y 68,28 % para cosecha mitaca y entre 81,67 % y 83,69 % para cosecha principal. En relación con lo anterior, [Arcila \(2007\)](#) señala que los porcentajes de cuajamiento registrados en cultivos de café varían entre 20 % a 80 %, los porcentajes más bajos se presentan en los años más lluviosos, estos datos se alteran de acuerdo a las condiciones climáticas presentes en cada región.

En otro estudio, realizado por Quinteros & Sarango ([2023](#)), encontraron que la aplicación foliar de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) en diferentes concentraciones, sobre el cuajado de frutos de café (*Coffea arábica* L.) var. *Caturra*, en la provincia del Azuay a 2200 m s.n.m, no presentó diferencias estadísticas significativas con valores entre 77,8 % testigo y 90,8 % con 60 ppm de B aplicado. Además [Jaramillo & Valencia, \(1980\)](#), mencionan que el proceso de cuajamiento puede ser influenciado por distintos factores entre ellos factores genéticos, ambientales, patológicos, o nutricionales, que conducen a obtener diferencias en el número de frutos que cuajan a partir de un determinado número de flores. Así mismo [García et al. \(2008\)](#), indica que para que se genere el cuajamiento de frutos, se requiere de yemas florales maduras bien formadas, temperaturas acordes para asegurar una buena polinización, un desarrollo del tubo polínico y una fecundación, además que está influenciada con actividad fitohormonal y probablemente con la nutricional de una forma indirecta.

En cuanto a la abscisión de frutos, los resultados que se obtuvieron no presentaron diferencias significativas en la interacción entre variedad y fertilización, obteniendo valores entre 9,33 % y 18 %, similar al ensayo realizado por [Unigarro et al. \(2019\)](#) con combinación de acetato de potasio (PA) a diferentes dosificaciones, en var. *Castillo*, en donde los resultados no presentaron diferencias significativas contra el tratamiento control, lo que nos da a entender que la aplicación de fertilizantes foliares no fue un factor influyente. Asimismo, [Aaron et al. \(2012\)](#) señalan que la caída de frutos está relacionada con las características de los mismos, es decir, frutos pequeños que presentan menor velocidad de crecimiento y menor vigor tienden a caerse. Sin embargo, Samayoa & Sánchez (2001) indica que en cultivo de café manejado convencionalmente presentó 17 % de pérdida de frutos, mientras en café orgánico 7 %, lo cual coincidía con el desarrollo de enfermedades del fruto.

En cuanto a la variable de fenología, se identificó desde la antesis floral, desarrollo y maduración de frutos, hasta su cosecha según la edad (días después de la aplicación de los tratamientos, durante la preantesis floral, DDA); se identificaron 9 estados, que van desde la preantesis estado 59 (0 DDA), hasta el estado 88 frutos de cosecha, en donde los frutos se encontraban fisiológicamente maduros a los 219 DDA de acuerdo a la escala BBCH planteada por [Arcila et al. \(2002\)](#).

Los resultados obtenidos estuvieron cercanos a los reportados por [Marín et al. \(2004\)](#), en un ensayo en café (*Coffea arabica* L.) var. *Colombia*, se observó la maduración de frutos según la edad, tomando como referencia la floración (días después de la floración, ddf, caracterizando la coloración para más 50 % de cereza), los cuales identificaron 8 estados: desde el estado verde maduro a los 182 ddf, hasta el rojo maduro a los 217 ddf, en donde el fruto se encontraba fisiológicamente desarrollado para cosechar, y por último el estado seco a los 231 ddf. De hecho, [Arcila \(2007\)](#) señala que el fruto de café se encuentra fisiológicamente desarrollado entre los 217 y 224 ddf, llamados frutos maduros y sobremaduros, los cuales se encuentran con un mayor contenido de café pergamino y menor proporción de defectos, disminuyendo la fuerza requerida para el despulpado y presentan menor daño en la almendra, después de estos días comienza a perder peso y a secarse.

En cuanto al diámetro ecuatorial, actuó en relación a la variedad, en el cual la var. *Caturra* obtuvo el mayor promedio de 15,45 mm, valor superior a lo reportado por [Medina et al. \(2020\)](#) con 14,50 mm en var. *Caturra roja*. Al respecto, [Orozco \(1986\)](#) afirma que los granos

de var. *Caturra* son más redondeados en relación con var. *Typica*. En cuanto a diámetro polar, presentó variaciones en respuesta a la aplicación de fertilizantes, el mayor promedio obtuvo el tratamiento con Poliquel C + Agasol con 18,79 mm. Datos similares reportan Melo & Piñeros (2016), con aplicaciones de nitrógeno en café (*Coffea arabica* L.) var. *Castillo* de dos años de edad a 1 800 m s.n.m, alcanzó un tamaño de 18,06 mm y con boro 18,33 mm. Mientras, Aristizábal et al. (2012), reportan que la var. *Colombia* a pleno sol, presenta un diámetro polar de 17,98 mm y un diámetro ecuatorial de 13,34 mm en Antioquia-Colombia. Álvarez et al. (2023), indica en su estudio de fertilización edáfica a base de N, P, K, Ca, S, micorrizas y ácidos húmicos y aplicaciones foliares de N, P, K, S, Zn, Fe y aminoácidos, influye directamente en el tamaño, la cantidad y calidad de los granos cosechados, en la var. *Borboun Sidra* y *SL28* alcanzaron 16,6 mm y 17,4 mm de diámetro ecuatorial, y 17,8 mm y 18 mm de diámetro polar. Además, menciona que la disponibilidad de nutrientes en el desarrollo del fruto juega un papel importante para alcanzar mayor tamaño en el grano de café. También, Lores et al. (2023) señalan que, durante el periodo de floración y amarre del fruto, la planta demanda de fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K) para un mejor grosor del fruto. La planta adquiere una ganancia de energía y de materia orgánica, las cuales el fruto, al ser un órgano vertedero, utiliza para su crecimiento, e incremento en masa y número de células; y por ende se incrementa el tamaño.

En cuanto a °Brix, ambos factores actuaron de manera independiente y mostraron diferencias significativas. Donde la var. *Typica* registró 20,43 °brix, mientras que el tratamiento con Poliquel calcio obtuvo 20,78 °brix. Resultados similares reportan (Carhuas & Roki, 2017), en var. *Caturra Roja* en Chanchamayo-Perú, en frutos maduros con 17,11 °brix y sobremaduro con 21,05 °brix, plantas libres de roya. Pérez et al. (2021), con 2 aplicaciones de bioestimulante Equilibrium compuesto por L- $\alpha$ -aminoácidos específicos, polisacáridos y betaínas procedentes de algas (*Ascophyllum nodosum*), en var. *Sarchimor* (T5296) de veinticinco meses de plantada, consiguió 16,50 °brix. De la misma manera, Calle (2023) con 3 % de mezcla de Nitrato de Amonio, Fosfato Mono potásico, Nitrato de Ca y Sulfato de Mg, en café (*Coffea arabica* L.) cultivar *Catimor*, consiguió 19,03 °brix, además asegura que, al cosechar frutos completamente maduros, la calidad es mejor, por ende, solo los frutos que alcanzan su plena madurez, llegan a su punto óptimo de calidad, el rango óptimo fluctúa entre los 15 a 24 °brix establecido por la concentración de azúcar miel.

En cuanto al pH, ambos factores actuaron de manera independiente y mostraron diferencias significativas, donde var. *Caturra* obtuvo 4,83 y var. *Typica* alcanzó 4,70 pH. Datos similares fueron señalados por [Rohaya et al. \(2023\)](#), que obtuvo un pH de 4,68, en pulpa de *C. arábica*. Del mismo modo, [Blandón et al. \(1999\)](#), reportaron un pH menor a 5 en pulpa de *C. arábica*, a una de altitud 1550 m s.n.m, por lo que concuerda con los datos de este ensayo y mantiene los valores rondando en ese promedio.

La acidez titulable del pericarpio del cerezo, no reveló diferencias significativas entre los factores, logrando valores entre 0,24 % y 0,40 %. Resultados superiores reportó [Riveros \(2023\)](#), quien realizó una investigación en la región Amazónica – Perú, a una altitud de 1616 m s.n.m. en donde se realizó una caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante de la pupa de tres variedades de café, en el cual encontró de 0,58 % en var. *Caturra*, y en var. *Catimor* con 0,59 % y variedad nacional con 0,61 %. Los valores obtenidos en este estudio se dieron quizás, a cómo menciona [Hall et al. \(2022\)](#) que el TTA está correlacionado negativamente con el nivel de madurez del fruto, es decir, los frutos inmaduros presentan mayor contenido de ácido en comparación con los maduros, aunque también se podría ver influenciado probablemente por la diversidad genética o el origen geográfico.

En relación con la variable de colorimetría, en ambas variedades el pericarpio de los frutos de café cosechados no presentó diferencias significativas en las coordenadas cromáticas ( $L^*a^*$ ,  $b^*$ ). En relación con la luminosidad  $L^*$ , los valores observados fluctúan entre 31,75 y 36,73. Como lo reportado por [Martínez \(2016\)](#), con var. *Caturra* con 34,66 en estado maduro y 28,16 en sobre maduro; y en var. *Colombia* presentó 34,98 en estado maduro y 28,30 en sobre maduro. Similar a lo observado por [Herrera et al. \(2011\)](#), el cual menciona que, a partir del estado pintón, la luminosidad de la epidermis comienza a disminuir significativamente, mostrando valores de 37,88 en frutos pintones, 35,94 maduros y 30,50 sobremaduros. El patrón de la coordenada  $a^*$ , alcanzó valores entre 16,86 a 25,57; valores similares a los reportados por [Martínez \(2016\)](#), en su ensayo en café var. *Caturra* obtuvo valores de 26,65 en estado maduro, y 16,11 en sobremaduros, y en var. *Colombia* presentó valores de 28,05 en estado maduro, y 21,19 en estado sobremaduros, datos que son representativos y se asemejan a este informe. Asimismo, [Herrera et al. \(2011\)](#) en su ensayo menciona que la coordenada cromática  $a^*$  aumenta de verdes a maduros y comienza a disminuir entre el fruto maduro y el sobre maduro, en donde obtuvo 16,79 en frutos de café

pintones con tonalidad rojiza, 17,90 en frutos maduros, y 9,7 en frutos sobremaduros en *var. Colombia*. En cuanto al croma  $b^*$ , se observó promedios entre 11,70 a 14,59. De manera parecida, [Martínez \(2016\)](#) en su experimento de colorimetría de frutos de café durante su desarrollo y maduración, obtuvo 14,74 en frutos maduros y en sobremaduros obtuvo 6,53, en *var. Caturra*, y en *var. Colombia* consiguió 14,51 en frutos maduros, y 7,27 en sobremaduros. Parecido a los valores obtenidos por [Herrera et al. \(2011\)](#), en *var. Colombia* con 11,74 a los 224 DDA, 11,81 a los 231 DDA y 2,76 a los 238 DDA estado sobremaduro. Se observó que los valores  $L^* a^* B^*$  de los resultados, son cercanos a los estudios citados, los cuales se encuentran entre el estado maduro y sobremaduro durante la cosecha.

Después de ocho días después de la primera aplicación del tratamiento, durante la anthesis se registró el número de flores presentes por planta, debido a que los brotes florales ya se encontraban formados, el factor variedad actuó de manera independiente, *var. Typica* presentó 20,75 flores/rama, en cambio, *var. Caturra* alcanzó 6,61 flores/rama, señalando que las plantas de *var. Typica* se encontraban en floración principal, mientras que en la *var. Caturra* no presentó gran cantidad de flores, correspondiendo a una floración mitaca o secundaria. [Arcila \(2007\)](#) señala que, las condiciones climáticas en regiones altas favorecen a una permanente inducción floral, por ende, las plantas florecen continuamente durante el año, causando baja formación de flores. Este estado fenológico influye directamente en la producción del cultivo.

Asimismo, el factor variedad actuó de manera independiente en la producción de café cerezo, mostrando diferencias significativas. En el cual *var. Typica* registró 2,10 kg/planta, obteniendo 6658 kg/ha. Estos resultados coincide con lo reportado por [Amador \(2019\)](#), donde registró promedios que fluctúan entre 900 g a 1 kg de café cerezo/planta, estimando una producción de 4 Qq/ha (400 kg/ha) en *var. Typica* a 1250 m s.n.m. Semejante al estudio realizado por [López et al. \(2021\)](#) en el que registraron cinco cosechas en diversas variedades a una altitud promedio de 800 m, en el cual *var. Typica* obtuvo baja producción con respecto a otras variedades evaluadas con valores entre 0,5 a 3,7 kg/planta. Esto se relaciona con lo dicho por [Sotomayor \(1993\)](#), que menciona que la *var. Typica*, se caracteriza por sus entrenudos largos y su baja productividad, del mismo modo [Unigarro et al. \(2017\)](#) aseguran que la capacidad productora del genotipo está influenciada directamente con el número de ramas por eje ortotrópico, números de nudos por rama y el número de flores por nudo, lo cual

coincide con los resultados obtenidos. Sin embargo, en comparación con la *var. Caturra* es reconocida por presentar entrenudos más cortos, con mayor ramificación y con una alta producción ([Orozco, 1986](#)). Pese a ello, en este estudio alcanzó 0,23 kg/planta, con un rendimiento de 761 kg/ha; estos valores se ven influenciados por la presencia de flores a menor escala que presentaron las plantas al principio del ensayo. Los resultados del estudio son inferiores a los presentados por [Abregu Sanchez \(2016\)](#), quien obtuvo una producción de 738,72 g (0,74 kg) sin fertilizante, y 920 g (0,92 kg) por planta con fertilizante en *var. Caturra* con plantación de 8 años de edad a 1384 m s.n.m. Asimismo, en un estudio realizado por [López et al. \(2021\)](#), la *var. Caturra* roja obtuvo las mejores cosechas durante los primeros 5 años, con respecto a las demás variedades con valores que varían entre 1.1 a 6.7 kg/planta. Al respecto, [Medina et al. \(2020\)](#) mencionan que la *var. Caturra* posee una alta capacidad productiva durante las primeras cosechas, lo que se reduce posteriormente con el pasar de los años, e incluso presenta muerte en las ramas plagio-trópicas, lo que podría haber sido el causante de la escasa floración al inicio del ensayo y, por ende, el bajo rendimiento.

## 8. Conclusiones

- La aplicación combinada de Poliquel calcio + (Agasol 10-5-4+TE), favoreció el diámetro polar de los frutos. La variable °brix presentó diferencias significativas independientemente en los dos factores con respecto a la var. *Typica* obtuvo 20,43 °brix y la fertilización con Poliquel calcio obtuvo 20,78 °brix.
- Se identificó nueve estados fenológicos correspondientes a 59, 69,70, 71, 73, 77, 79, 85, 88, de acuerdo a la escala BBCH, alcanzaron su madurez fisiológica a los 219 DDA.
- El factor variedad presentó mejores resultados, en diámetro ecuatorial, pH y en producción de café cereza, la var. *Typica* presentó mayor número de flores/rama, al inicio del ensayo, tratándose de una floración principal, favoreciendo el rendimiento de kg/planta y kg/ha de café cerezo, a diferencia de var. *Caturra*, que registra bajos resultados, quizá debido a la presencia de flores a menor escala que presentaron las plantas al principio del ensayo, refiriéndose a una floración secundaria.
- Para las variables de cuaje, abscisión, acidez titulable y colorimetría del epicarpio, no se presentaron diferencias significativas en la interacción de variedad y fertilización; sin embargo, se encontraron dentro de los valores normales para la especie en estudio.

## 9. Recomendaciones

- Realizar aplicaciones de fertilizantes foliares durante la inducción foliar, hasta la antesis y observar los cambios en cuanto a cuaje de frutos.
- Realizar seguimiento fenológico a las floraciones presentes durante el año y su relación con las variables climáticas: Insolación (horas luz), precipitación y temperatura, a fin de analizar la escasa formación de flores y frutos en diversas variedades.
- Continuar realizando investigaciones en fase reproductiva, siendo una etapa crítica de mayor demanda de nutrientes.



## 10. Bibliografía

- Aaron, D., Gole, T. W., Baena, S., & Moat, J. (2012). The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. *PLOS ONE*, 7(11), e47981. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047981>
- Abregu Sanchez, E. P. (2016). La fertilización en relación a las alturas de poda en plantaciones de café (*coffea arabica* L.) en Villa Rica.
- Aga, E. (2005). Molecular Genetic Diversity Study of Forest Coffee Tree (*Coffea arabica* L.) Populations in Ethiopia: Implications for Conservation and Breeding.
- Al-Juthery, H. W. A., Habeeb, K. H., Altaee, F. J. K., Al-Taey, D. K. A., & Al-Tawaha, A. R. M. (2018). Effect of foliar application of different sources of nano-fertilizers on growth and yield of wheat. *Bioscience research*(4), 3976-3985.
- Alvarado, M., & Rojas, G. (1994). *Cultivo y beneficiado del café*. EUNED.
- Amador, L. (2019). Manejo nutrimental del café bajo sombra y calidad sensorial en Coatepec, Veracruz.
- Amativo. ( 2022 ). *Finca AgroLoja* <https://amativo.com/agroloja/>
- Arcila, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., Meier, U., & Wicke, H. (2002). Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea* spp.). *Annals of Applied Biology*, 141(1), 19-27. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1744-7348.2002.tb00191.x>
- Arysta, L. (2019). *Poliquel Calcio*. [http://www.agritop.com.ec/wp-content/uploads/2019/09/FT\\_Poliquel\\_Calcio.pdf](http://www.agritop.com.ec/wp-content/uploads/2019/09/FT_Poliquel_Calcio.pdf)
- Berilli, S. d. S., de Sales, R. A., Ribeiro, H. R., Zooca, A. A. F., de Salles, R. A., Berilli, A. P. C. G., . . . Costa, T. S. (2020). Foliar fertilization in the propagation of conilon coffee in alternative substrates. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 47(1), 58-68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191035>
- Betancourt, O. M., Rodríguez, M. M., Sandoval, V. M., & Gaytán, A. E. (2005). Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv. Stargazer. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), 371-378.
- Blandón, C. G., Dávila, A. M. T., & Rodríguez, V. N. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé*, 50(1), 5-23.

- Bossolasco, L. (2009). A study case on coffee (*Coffea arabica* L.): Limu coffee. *Sous la Dir. de François Verdeaux*.
- Burbano, P., Valencia, A., & Lagos, T. (2022). Componentes de rendimiento de *Coffea arabica* L. en tres zonas altitudinales del sur de Colombia [Article]. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*, 13, 51+. <https://link.gale.com/apps/doc/A689976007/AONE?u=anon~aa9097bb&sid=googleScholar&xid=af2de4d1>
- Camarena, J. A., & Portalatino, E. V. (2018). Variabilidad intragenotípica de *Capsicum chinense* Jacq. "ají Supano" provenientes de la cuenca baja del río Supe-Barranca. *Aporte Santiaguino*, 11(2), 251-262.
- Campos, C. N., Ávila, R. G., de Souza, K. R. D., Azevedo, L. M., & Alves, J. D. (2019). Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young *Coffea arabica* L. plants. *Agricultural Water Management*, 211, 37-47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.025>
- Cardona, W. A. (2017). *Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.), ubicado en el municipio de Sylvania (Cundinamarca) Universidad Nacional de Colombia*].
- Cassamo, C. T., Draper, D., Romeiras, M. M., Marques, I., Chiulele, R., Rodrigues, M., . . . Ramalho, J. C. (2023). Impact of climate changes in the suitable areas for *Coffea arabica* L. production in Mozambique: Agroforestry as an alternative management system to strengthen crop sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 346, 108341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108341>
- Chango, M., & García, J. (2021). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *X-pedientes Económicos*, 5(12), 65-80. [https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes\\_Economicos/article/view/63](https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/63)
- Chiriboga, G., Peñaherrera, S., Londoño-Larrea, P., Castillo, L., Carvajal, C. G., & Montero-Calderón, C. (2022). The effect of the chemical composition on the sensory characterization of Ecuadorian coffee. *Current Research in Food Science*, 5, 2022-2032. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.023>
- Clay, D. C., Bro, A. S., Church, R. A., Ortega, D. L., & Bizoza, A. R. (2018). Farmer incentives and value chain governance: Critical elements to sustainable growth in Rwanda's coffee

- sector. *Journal of Rural Studies*, 63, 200-213.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.06.007>
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210, 57-64.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.003>
- Deshpande, P., Dapkekar, A., Oak, M., Paknikar, K., & Rajwade, J. (2018). Nanocarrier-mediated foliar zinc fertilization influences expression of metal homeostasis related genes in flag leaves and enhances gluten content in durum wheat. *PLOS ONE*, 13(1), e0191035. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191035>
- Fageria, N. K., Filho, M. P. B., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044-1064.  
<https://doi.org/10.1080/01904160902872826>
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P. (2015). Fertilización foliar. *Principios científicos y prácticas de campo. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Paris, Francia*, 49-82.
- Fierro, C. N., Contreras, O. A., González, R. O., Rosas, M. E., & Morales, R. V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.).
- García, J. I., Niño, G., Olivares, E., Lira, R. H., Barriga, E. D., Vázquez, R., . . . Zavala, F. (2019). Foliar Application of Zinc Oxide Nanoparticles and Zinc Sulfate Boosts the Content of Bioactive Compounds in Habanero Peppers. *Plants*, 8(8), 254.  
<https://www.mdpi.com/2223-7747/8/8/254>
- Gutierrez, M., Salas, R., Segura, A., Molina, E., Vasquez, R., Jimenez, A., . . . Bertsch, F. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones*.
- Hall, R. D., Trevisan, F., & de Vos, R. C. H. (2022). Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. *Food Research International*, 151, 110825.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825>
- Higueta, F. E. R. (2015). Tendencias modernas en la fertilización eficiente del cafeto para la producción de cafés especiales. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 84-93.

- Hunt, D. A., Tabor, K., Hewson, J. H., Wood, M. A., Reymondin, L., Koenig, K., . . . Follett, F. (2020). Review of Remote Sensing Methods to Map Coffee Production Systems. *Remote Sensing*, 12(12), 2041. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/12/2041>
- Juárez, B. A., Debernardi, D. I. V. H., Quevedo, N. A., Malagón, G. F., & Morales, R. V. (2018). Características físicas del fruto de café (*Coffea arabica* L.) en híbridos Timor [Article]. *AGROProductividad*, 11, 115+. <https://link.gale.com/apps/doc/A541776248/IFME?u=anon~bd6d5b15&sid=googleScholar&xid=8d04c86b>
- Kerstiens, G. (2006). Water transport in plant cuticles: an update. *Journal of Experimental Botany*, 57(11), 2493-2499. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl017>
- Krug, C., Carvalho, A., & Mendes, J. (1950). Taxonomia de *Coffea arabica* L.: III-*Coffea arabica* L. var. *anormalis*. *Bragantia*, 10(11), 335-343. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051950001100001>
- Kutasy, E., Buday-Bódi, E., Virág, I. C., Forgács, F., Melash, A. A., Zsombik, L., . . . Csajbók, J. (2022). Mitigating the Negative Effect of Drought Stress in Oat (*Avena sativa* L.) with Silicon and Sulphur Foliar Fertilization. *Plants*, 11(1), 30. <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/1/30>
- León, L., Matailo, A., Romero, A., & Portalanza, C. (2020). Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016. *Revista Científica UISRAEL*, 7, 103-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.35290/rcui.v7n3.2020.324>
- Li, P., Du, Y., Huang, L., Mitter, N., & Xu, Z. P. (2016). Nanotechnology promotes the R&D of new-generation micronutrient foliar fertilizers. *RSC advances*, 6(73), 69465-69478. <https://doi.org/DOI> <https://doi.org/10.1039/C6RA09428G>
- Liu, M.-Y., Tang, D., Shi, Y., Ma, L., Zhang, Q., & Ruan, J. (2021). Foliar N Application on Tea Plant at Its Dormancy Stage Increases the N Concentration of Mature Leaves and Improves the Quality and Yield of Spring Tea [Original Research]. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.753086>
- López, F., Cruz, J. G., & Prado, E. (2021). Variedades de *Coffea arabica* L. con manejo orgánico en Oaxaca. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7. <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071014>
- Marín, S., Arcila, J., Montoya, E., & Oliveros, C. (2004). Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café *Coffea Arabica* L var Colombia.
- Mederos, A. G. (2010). El magnesio en la agricultura Tabacalera y en otros cultivos.

- Medina, I. O., Ccoycca, E. P. R., Murga, E. Q., Villalobos, A. C., Marmolejo, D., & Marmolejo, K. J. (2020). Selección, identificación y zonificación de café (*Coffea arabica* L.) por su adaptabilidad, rendimiento, calidad sensorial y resistencia a plagas y enfermedades. *Agroindustrial Science*, *10*(3), 249-257.
- Melese, Y. Y., & Kolech, S. A. (2021). Coffee (*Coffea arabica* L.): Methods, Objectives, and Future Strategies of Breeding in Ethiopia—Review. *Sustainability*, *13*(19), 10814. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su131910814>
- Melo, R. E. B., & Piñeros, R. J. B. (2016). *Evaluación de la fertilización edáfica en café (coffea arabica l.) mediante el análisis sensorial y características físicas bajo diferentes alturas en fusagasugá-cundinamarca*
- Mulkay, T., Caceres, I., Rodrigez, J., & Paumier, A. (2003). Efecto del polquel calcio en la calidad postcosecha de mango. *73*, 8.
- Orozco, F. (1986). *Descripción de especies y variedades de café*.
- Perez, R. H., Adriana, Y. C., Sancho, A. C., Chinchilla, M. V., & Subirachs, J. M. C. (2021). Influencia de un nuevo bioestimulante sobre la floración y fructificación en café (*Coffea arabica* L). *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, *12*(1), 33-40. [https://doi.org/https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v12i1.226](https://doi.org/https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.226)
- Puerta, G., & Ríos, S. (2014). Composición Química del mucílago de café según el tiempo de fermentación y refrigeración.
- Quinteros, P. S. J., & Sarango, M. J. D. (2023). Evaluación de la aplicación foliar de boro en diferentes concentraciones sobre el cuajado de frutos en *Coffea arábica* L cv. Caturra en Guachapala, Azuay—Ecuador.
- Ramírez, V. H., Küsters, J., Souza, T. R., & Simmes, C. (2020). Calcium Nutrition in Coffee and Its Influence on Growth, Stress Tolerance, Cations Uptake, and Productivity [Original Research]. *Frontiers in Agronomy*, *2*. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590892>
- Ramos, P., SANZ, J., & OLIVEROS, C. (2014). Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real a través de la medición de color. <http://hdl.handle.net/10778/506>
- Rendón, J., Arcila, J., & Montoya, E. (2008). Estimación de la producción de café con base en los registros de floración.
- Riveros, L. (2023). Caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante de la pulpa de tres variedades comerciales de café (*Coffea arabica*) de la región Amazonas.

- Rohaya, S., Anwar, S., Amhar, A., Sutriana, A., & Muzaifa, M. (2023). Antioxidant activity and physicochemical composition of coffee pulp obtained from three coffee varieties in Aceh, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*,
- Rossi, L., Fedenia, L. N., Sharifan, H., Ma, X., & Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135, 160-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.005>
- Samayoa, J. J. O., & Sánchez, G. V. (2001). Comparación de la incidencia de enfermedades del fruto en sistemas de producción de café orgánico y convencional.
- Sánchez, S. V., Bueno, D. O., & Jara, P. P. (2018). La realidad ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(2), 72-91. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)
- Santistevan, M., Julca, A., Borjas, R., & Tuesta, O. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13, 187-192. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162014000200013&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000200013&nrm=iso)
- Serna, J. J. A., Torres, V. L. S., Martínez, C. K., & Hernández, S. M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista Ion*, 31(1), 37-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>
- Sotomayor, I. A. (1993). Manual del cultivo del café.
- Torres, Ó. G. V. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(3), 55-61.
- Unigarro, C. A., MEDINA, R., & Flórez, C. P. (2017). Relación entre producción y características fenotípicas en *Coffea arabica* L.
- Waters, D. M., Arendt, E. K., & Moroni, A. V. (2017). Overview on the mechanisms of coffee germination and fermentation and their significance for coffee and coffee beverage quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 259-274. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.902804>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Sitio de estudio AgroLoja, Parroquia Malacatos



**Figura 15.** Lote de estudio *var. Typica*



**Figura 16.** Lote de estudio *var. Caturra*

### Anexo 3. Aplicación de tratamiento y medición de las variables.



**Figura 14.** Aplicación de los fertilizantes.



**Figura 13.** Identificación de brotes florales



**Figura 12.** Identificación de frutos cuajados.



**Figura 11.** Medición de diámetro polar y ecuatorial.



**Figura 10.** Registro de frutos presentes.



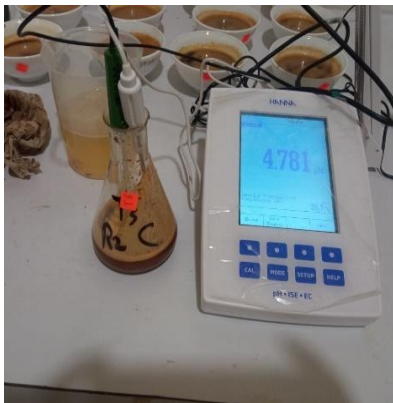
**Figura 9.** Frutos cosechados por tratamiento



**Figura 18.** Toma de datos de colorimetría.












**Figura 17.** Toma de datos de °brix.












**Figura 19.** Toma de datos de pH y acidez titulable.












**Anexo 4.** Seguimiento fenológico del fruto de café durante las evaluaciones.

Var. Caturra Tratamiento 1				
				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 2/11/2023 219 DDA	Estado 88 6/11/2023 223 DDA	

Var. Caturra Tratamiento 2				
				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 2/11/2023 219 DDA	Estado 88 4/11/2023 223 DDA	



Var. Caturra

				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	(Estado 85) 9/10/2023 195 DDA	(Estado 88) 2/11/2023 219 DDA	

Var. Caturra Tratamiento 4

				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 9/10/2023 195 DDA	Estado 88 2/11/2023 219 DDA	

Var. Typica Tratamiento 1				
				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 9/10/2023 195 DDA	Estado 88 2/11/2023 219 DDA	

Var. Typica Tratamiento 2				
				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 9/10/2023 195 DDA	Estado 88 2/11/2023 219 DDA	

Var. Typica Tratamiento 3

				
Preantesis (Estado 59) 29/03/2023 0 DDA	Antesis Floral (Estado 69) 6/04/2023 8 DDA	(Estado 70) 21/04/2023 24 DDA	Cabeza de alfiler (Estado 71) 27/05/2023 60 DDA	(Estado 73) 26/06/2023 90 DDA
				
(Estado 77) 13/08/2023 138 DDA	(Estado 79) 15/09/2023 171 DDA	Estado 85 9/10/2023 195 DDA	Estado 88 2/11/2023 219 DDA	

## Anexo 5. Análisis de varianza de cada variable evaluada

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
f/rama	24	0,76	0,54	48,85

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1688,70	11	153,52	3,44	0,0221	
Variedad	1200,63	1	1200,63	16,78	0,0149	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	286,28	4	71,57	1,60	0,2370	
Tratamiento	100,72	3	33,57	0,75	0,5422	
Variedad*Tratamiento	101,08	3	33,69	0,75	0,5408	
Error	536,01	12	44,67			
Total	2224,71	23				

**Figura 20.** ANOVA de número de flores por rama

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
cuaje	24	0,52	0,07	9,42

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	709,02	11	64,46	1,16	0,3970	
Variedad	233,13	1	233,13	5,26	0,0835	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	177,14	4	44,28	0,80	0,5479	
Tratamiento	199,96	3	66,65	1,20	0,3501	
Variedad*Tratamiento	98,80	3	32,93	0,59	0,6302	
Error	664,24	12	55,35			
Total	1373,26	23				

**Figura 21.** ANOVA de porcentaje de cuaje de frutos

Nueva tabla : 20/7/2024 - 12:58:06 - [Versión : 30/4/2020]

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DDA200	24	0,72	0,47	1,88

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	3,71	11	0,34	2,82	0,0443	
Variedad	0,02	1	0,02	0,11	0,7535	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	0,85	4	0,21	1,78	0,1982	
Tratamiento	2,60	3	0,87	7,25	0,0049	
Variedad*Tratamiento	0,23	3	0,08	0,65	0,5999	
Error	1,44	12	0,12			
Total	5,14	23				

**Figura 23.** ANOVA de diámetro polar del fruto de café

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DDA2001	24	0,74	0,50	2,78

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	5,96	11	0,54	3,09	0,0323	
Variedad	3,70	1	3,70	10,64	0,0310	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	1,39	4	0,35	1,98	0,1613	
Tratamiento	0,79	3	0,26	1,51	0,2622	
Variedad*Tratamiento	0,08	3	0,03	0,15	0,9288	
Error	2,10	12	0,18			
Total	8,06	23				

**Figura 22.** ANOVA de diámetro ecuatorial del fruto de café.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Abscicion	24	0,30	0,00	55,35

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	303,33	11	27,58	0,46	0,8960	
Variedad	2,67	1	2,67	0,11	0,7548	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	95,33	4	23,83	0,40	0,8072	
Tratamiento	156,00	3	52,00	0,87	0,4854	
Variedad*Tratamiento	49,33	3	16,44	0,27	0,8431	
Error	720,67	12	60,06			
Total	1024,00	23				

**Figura 25.** ANOVA del porcentaje de abscisión.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Brix	24	0,83	0,68	5,52

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	68,98	11	6,27	5,41	0,0035	
Variedad	20,91	1	20,91	42,27	0,0029	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	1,98	4	0,49	0,43	0,7869	
Tratamiento	40,46	3	13,49	11,63	0,0007	
Variedad*Tratamiento	5,63	3	1,88	1,62	0,2370	
Error	13,92	12	1,16			
Total	82,90	23				

**Figura 24.** ANOVA de grados brix

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ph	24	0,66	0,36	2,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0,22	11	0,02	2,16	0,1004	
Variedad	0,10	1	0,10	22,50	0,0090	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	0,02	4	4,6E-03	0,50	0,7341	
Tratamiento	0,05	3	0,02	2,00	0,1685	
Variedad*Tratamiento	0,04	3	0,01	1,49	0,2682	
Error	0,11	12	0,01			
Total	0,33	23				

Figura 26. ANOVA del pH de la pulpa del cerezo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L	24	0,21	0,00	17,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	113,34	11	10,30	0,29	0,9746	
Variedad	6,50	1	6,50	0,46	0,5330	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	55,98	4	14,00	0,40	0,8065	
Tratamiento	43,16	3	14,39	0,41	0,7494	
Variedad*Tratamiento	7,70	3	2,57	0,07	0,9734	
Error	422,17	12	35,18			
Total	535,52	23				

Figura 31. ANOVA del croma L\*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b	24	0,43	0,00	27,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	117,66	11	10,70	0,82	0,6218	
Variedad	3,96	1	3,96	0,16	0,7067	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	97,00	4	24,25	1,87	0,1806	
Tratamiento	5,40	3	1,80	0,14	0,9348	
Variedad*Tratamiento	11,28	3	3,76	0,29	0,8318	
Error	155,64	12	12,97			
Total	273,30	23				

Figura 29. ANOVA del croma b\*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
hectarea	24	0,80	0,62	64,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	269877915,99	11	24534356,00	4,35	0,0088	
Variedad	208694242,90	1	208694242,90	29,15	0,0057	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	28638110,60	4	7159527,65	1,27	0,3350	
Tratamiento	18659265,10	3	6219421,70	1,10	0,3858	
Variedad*Tratamiento	13887297,38	3	4629099,13	0,82	0,5070	
Error	67657437,57	12	5638119,80			
Total	337535353,56	23				

Figura 32. ANOVA de kg/ha de café cerezo

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Acidez	24	0,64	0,31	19,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0,09	11	0,01	1,93	0,1378	
Variedad	0,03	1	0,03	4,35	0,1053	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	0,03	4	0,01	1,64	0,2283	
Tratamiento	0,02	3	0,01	1,81	0,1984	
Variedad*Tratamiento	0,01	3	2,9E-03	0,69	0,5775	
Error	0,05	12	4,2E-03			
Total	0,14	23				

Figura 27. ANOVA de la acidez del mucílago del café

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a	24	0,55	0,14	29,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	554,74	11	50,43	1,35	0,3083	
Variedad	10,84	1	10,84	0,14	0,7268	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	308,43	4	77,11	2,06	0,1499	
Tratamiento	102,41	3	34,14	0,91	0,4647	
Variedad*Tratamiento	133,06	3	44,35	1,18	0,3572	
Error	449,78	12	37,48			
Total	1004,52	23				

Figura 30. ANOVA del croma a\*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
planta	24	0,80	0,61	64,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	24,61	11	2,24	4,27	0,0095	
Variedad	19,08	1	19,08	28,62	0,0059	(Variedad>Repeticion)
Variedad>Repeticion	2,67	4	0,67	1,27	0,3340	
Tratamiento	1,59	3	0,53	1,01	0,4223	
Variedad*Tratamiento	1,27	3	0,42	0,81	0,5129	
Error	6,29	12	0,52			
Total	30,89	23				

Figura 28. ANOVA de kg/planta de café cerezo

## Anexo 6. Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamientos en la finca Agro Loja

MC-LASPA-2201-01



INFORME DE ENSAYO No: 23-0061

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**PETICIONARIO:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**DIRECCIÓN:** Valle Gran Colombia s/n y Tulcán

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 15/02/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 14:20  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 22/02/2023  
**FECHA DE EMISIÓN:** 01/03/2023  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** S3 + Salinidad 2

Análisis	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO <sup>2</sup>	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN															
																			Areña	Limo	Arcilla																
23-0450	7,57	LAI	141,22	A	17,77	M	13,21	M	0,43	B	0,36	M	19,95	A	4,19	A	27,4	A	9,6	A	80	A	2,9	B	4,77	11,70	67,49	24,49	2,04	A							M 15

Análisis	Al <sup>3+</sup> H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.E.*	N. Total*	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K H <sub>2</sub> O*	P H <sub>2</sub> O*	Cl <sup>-</sup>	pH KCl*	IDENTIFICACIÓN
	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

**OBSERVACIONES:**

\* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGÍA USADA			
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P Ca Mg =	Olsen Modificado
S.B =	Fotómetro de Calcio	Cu Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
		B =	Curcumina

INTERPRETACION			
pH	Elemento		
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo	
LAc = Liger. Acido	LAI = Liger. Alcalino	M = Medio	
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto	
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)		

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGÍA USADA	
C.E. =	Petra Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AHH =	Titración NaOH

INTERPRETACION			
Al+H <sub>2</sub> Al y Na	C.E.	M.O y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico		A = Alto	



RESPONSABLE DE LABORATORIO



LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de éste se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

\* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

MC-LASPA-2201-01



INFORME DE ENSAYO No: 23-0061

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**PETICIONARIO:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Reyes Cueva Ángel Horacio  
**DIRECCIÓN:** Valle Gran Colombia s/n y Tulcán

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 15/02/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 14:20  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 22/02/2023  
**FECHA DE EMISIÓN:** 01/03/2023  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** SALINIDAD 2

Nº muestra	Cationes (meq/l)					Aniones (meq/l)					pH	CE ms/cm	Identificación de la muestra
	Ca	Mg	Na	K	Suma	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Suma			
23-0450	2,25	1,19	0,80	0,24	4,48	0,0	4,10	0,06	1,70	5,86	8,12	0,40	M 15

**RESPONSABLES DEL INFORME:**



LABORATORISTA



RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de éste se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**Anexo 7. Certificación de traducción del Abstract**



**CERTIFICADO DEL RESUMEN**

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en fase reproductiva, sobre el rendimiento de dos variedades de café (Coffe arábica L.), en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos”**, perteneciente a la señorita **Carolina Fernanda Cartuche Jaura**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



---

**Maholy Katherine Morocho Merino**

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés  
Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.