



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 edáficos en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arabica* L) en la Finca Agro Loja, parroquia Malacatos”.

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

AUTOR:

Richard Stalin Poma Medina

DIRECTOR:

Mg, Sc. Paulina Fernández Guarnizo.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja, 25 de agosto de 2023

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo. Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arabica* L) en la Finca Agro Loja, parroquia Malacatos”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de la autoría del estudiante **Richard Stalin Poma Medina**, con **cédula de identidad Nro. 1105804684**, 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.



Firmado electrónicamente por:
**PAULINA VANESA
FERNANDEZ GUARNIZO**

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Richard Stalin Poma Medina**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. 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:



Cedula de Identidad: 1105804684

Fecha: 22 de Octubre de 2024

Correo electronico: richard.poma@unl.edu.ec

Teléfono:0992365441

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, Richard Stalin Poma Medina declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arabica* L) en la Finca Agro Loja, parroquia Malacatos”** como requisito para obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital 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, en la ciudad de Loja, a los ventidos días del mes de octubre del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Richard Stalin Poma Medina

Cédula: 1105804684

Correo electrónico: richard.poma@unl.edu.ec

Celular: 0992365441

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Trabajo de Titulación: Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

Dedicatoria

A Dios quien es y ha sido siempre es guía permanente durante este proceso académico además ha sido quien me ha llenado de sabiduría para culminar con éxito una meta más.

A mis queridos padres Jose Poma y Olinda Medina quienes siempre han sido mi apoyo fundamental jamás me han dejado solo en este proceso y han estado con amor y paciencia presentes a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis hermanos Darío y Dayanna quienes siempre han estado brindándome su apoyo, además han sido para mí ejemplo de superación y dedicación para seguir adelante con mis sueños y metas. A mi querido hijo Jeremías, quien se ha convertido en el pilar fundamental para no rendirme y cumplir mis metas y para seguir adelante a pesar de cada una de las adversidades.

A mi pareja sentimental y madre de mi hijo por su apoyo incondicional y jamás abandonarme en este proceso para finalizar esta carrera.

Richard Stalin Poma Medina

Agradecimiento

En primer lugar, le agradezco a Dios, por guiarme protegerme y darme la sabiduría para cumplir una meta más en vida. Agradezco a mis padres Jose Poma y Olinda Medina por su gran amor y apoyo incondicional hacia mí, por sus sabios consejos, su esfuerzo y dedicación.

A mi directora de trabajo de titulación Ing. Paulina Fernández Guarnizo. Mg. Sc., por su dedicación, sus virtudes, su paciencia y constancia en el transcurso del desarrollo del trabajo de titulación.

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

Richard Stalin Poma Medina

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras.....	x
1. Título.....	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. Marco teórico	6
4.1 Clasificación Taxonómica	6
4.2 Variedades de café (Coffea)	7
4.2.1 Características de la variedad de café var. Bourbon sidra.....	7
4.2.2 Características de la variedad de café var. Typica mejorada.....	7
4.3 Fase reproductiva del café (Desarrollo del fruto)	8
4.4 Factores determinantes de la productividad del café	9
4.5 Requerimientos nutricionales del cultivo del café en producción	9
4.6 Fertilización	9
4.6.1 <i>Fertilización edáfica</i>	10
5. Metodología	11
5.1 Localización del experimento	11
5.2 Diseño experimental	11
5.3 Aplicación de los tratamientos	12
5.4 Metodología para el primer objetivo	13
5.4.1 <i>Evaluación de las fases fenológicas y características físicas</i>	14
5.4.2 <i>Características del cerezo</i>	14

5.5. Metodología para el segundo objetivo	15
5.5.1 Rendimiento de la producción de café cereza	15
5.5.2 Fenología y crecimiento del fruto	15
5.5.3 Colorimetría	15
5.5.4. Análisis estadístico	15
6. Resultados.....	16
6.1 Número de ramas	16
6.2 Diámetro Polar y Ecuatorial.....	17
6.3. Fenología y crecimiento del fruto.....	17
6.4 Número de flores	19
6.5 Producción de café cereza por planta.....	20
6.6 Rendimiento café cereza (kg/ha)	21
6.7 Materia seca.....	22
6.8 Humedad.....	23
6.9 Ceniza	24
6.10 Proteína.....	25
6.11 Colorimetría.....	26
7. Discusión	27
8. Conclusiones.....	31
9. Recomendaciones	31
10. Referencias bibliográficas	32
11. Anexos.....	35
Anexo 1 Etiquetado de las plantas para la evaluación.....	35
Anexo 2. Fertilizantes edáficos	35
Anexo 3. Toma de datos iniciales	35

Índice de Tablas

Tabla 1: Descripción de los tratamientos aplicados	12
Tabla 2: Composición de los Fertilizantes	13
Tabla 3: Estados BBCH: 70 (frutos visibles), 71, 73, 75, 79, 81, 85 y 88 (fruto de cosecha)	18
Tabla 4: Colorimetria.....	26

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación geográfica de la finca Agro Loja en la parroquia de Malacatos. Cantón y provincia de Loja	11
Figura 2: Distribución de los tratamientos y repeticiones	12
Figura 3: Número de ramas	16
Figura 4: Dinámica de crecimiento de frutos de café bajo diferentes estrategias de fertilización	17
Figura 5: Fenología del fruto de café en la finca Agro Loja, Malacatos	198
Figura 6: Número de flores	19
Figura 7: Rendimiento del café en cereza.....	21
Figura 8: Rendimiento del café en cereza (kg/ha).....	22
Figura 9: Promedio de resultados de laboratorio en materia seca.....	23
Figura 10: Promedio de resultados de laboratorio en humedad.....	23
Figura 11: Promedio de resultados de laboratorio en ceniza	25
Figura 12: Promedio de resultados de laboratorio en proteína	25

Índice de anexos

Anexo 1. Etiquetado de las plantas para la evaluación	35
Anexo 2. Fertilizantes edáficos	35
Anexo 3. Toma de datos iniciales	35
Anexo 4. Toma de datos iniciales	35
Anexo 5. Cosecha del café	35
Anexo 6. Análisis de Suelo	36
Anexo 7. Certificado de Ingles	36

1. Título

“Efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arabica* L) en la Finca Agro Loja, parroquia Malacatos”

2. Resumen

Debido a sus beneficios económicos, sociales y ambientales para los agricultores, la producción de café es uno de los cultivos agrícolas con mayor representación en Ecuador, involucrando a unas 50 mil familias, la mayoría pequeños productores que utilizan sistemas de producción agroforestales. Sin embargo, el manejo de los cafetales es deficiente especialmente lo relacionado a la aplicación de fertilizantes influyendo en el rendimiento que generalmente es bajo (5 qq/ha) este cultivo en la provincia de Loja tiene una gran potencia por su excelente calidad. En el presente estudio se evaluó el efecto de la fertilización edáfica durante la etapa reproductiva en dos variedades de café Bourbon Sidra y Typica Mejorada en Malacatos, cantón Loja. Se aplicó 4 tratamientos (Grosso, Fertilización Química y Grosso + Fertilización Química, Testigo sin fertilización) y se midieron las variables: número de ramas, número de flores, diámetro ecuatorial, polar, rendimiento de producción en kg/ha y calidad en materia seca, ceniza y proteína. En los resultados no se encontró diferencias significativas entre la interacción de variedad y fertilización en las variables de número de ramas, diámetro polar y ecuatorial, materia seca, proteína y ceniza a excepción de número de flores en el cual el tratamiento tres presenta una diferencia significativa en las dos variedades con un promedio de 480 flores en tanto que los demás tratamientos tienen un valor promedio de 380 flores en el caso de rendimiento de producción en kg/ha se destacó el tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso) en el cual la variedad Bourbon Sidra obtuvo 9 999 kg/ha y la Typica Mejorada 7 999,2 kg/ha, con respecto al tratamiento Tes (testigo) que presentó los valores más bajos 4 332,9 kg/ha y 4 899,51 kg/ha en la variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada respectivamente y en la variable de kg/planta se observa que existe diferencias significativas teniendo los valores más altos de producción igualmente el Tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso), con un valor de 2,4 kg en la variedad Typica mejorada y un valor de 3,0 kg en la variedad Bourbon Sidra

Palabras claves: Producción de café; fertilización edáfica; Bourbon Sidra, Typica, Grosso.

2.1 Abstract

Due to its economic, social and environmental benefits for farmers, coffee production is one of the most important agricultural crops in Ecuador, involving some 50,000 families, the majority of which are small farmers using agroforestry production systems. However, the management of the coffee plantations is deficient, especially in relation to the application of fertilizers, which influences the yield, which is generally low (5 qq/ha). In the present research the effect of edaphic fertilization during the reproductive stage was evaluated in two varieties of coffee Bourbon Sidra and Typica Mejorada in Malacatos, canton Loja. Four treatments were applied (Grosso, Chemical Fertilization and Grosso + Chemical Fertilization, Control without fertilization) and the following variables were measured: number of branches, number of flowers, equatorial diameter, polar diameter, production yield in kg/ha and quality in dry matter, ash and protein. In the results, no significant differences were found between the interaction of variety and fertilization in the variables of number of branches, polar and equatorial diameter, dry matter, protein and ash, except for the number of flowers in which treatment three presents a significant difference in the two varieties with an average of 480 flowers while the other treatments have an average value of 380 flowers. In the case of production yield in kg/ha, treatment 3 (Chemical Fertilization + Grosso) stood out, in which the Bourbon Sidra variety obtained 9 999 kg/ha and the Improved Typica 7 999 kg/ha, 2 kg/ha, with respect to treatment Tes (control) which presented the lowest values 4 332.9 kg/ha and 4 899.51 kg/ha in the Bourbon Sidra and Improved Typica varieties respectively and in the variable of kg/plant it is observed that there are significant differences, having the highest production values also in Treatment 3 (Chemical Fertilization + Grosso), with a value of 2.4 kg in the Improved Typica variety and a value of 3.0 kg in the Bourbon Sidra variety.

Key words: Coffee production; edaphic fertilization; Bourbon Sidra, Typica, Grosso.

3. Introducción

A nivel mundial, el café se encuentra entre los productos agrícolas más comercializados (Benavides, 2016), alrededor de 167,5 millones de sacos de 60 kilogramos de café se producen por año en una superficie de 11 millones de hectáreas por unos 25 millones de agricultores, en más de 60 países, de los cuales, el 85 % del café del mundo se produce en Latinoamérica (León, 2021)

En el Ecuador es uno de los cultivos que se destaca en las exportaciones agrícolas del país, creando gran importancia en lo económico, es una fuente de divisas para el ingreso para productores y otros actores de la cadena (Piato et al., 2022).

En nuestro país las principales causas de la baja productividad en el cultivo de café incluyen las malas prácticas de formación de la planta mediante podas, falta de programas adecuados de fertilización, la deficiente aplicación de riego, problemas en la prevención y control de enfermedades. Además, otras actividades de manejo se deben ser consideradas para obtener una buena productividad de café (Duicela et al., 2019).

Sales et al., (2018), argumenta que en los sistemas productivos del país, el manejo inapropiado de los fertilizantes, provoca una pérdida de nutrientes, lo que resulta en una disminución de la producción y calidad del café. Por ello es importante conocer las adecuadas dosis de fertilización, tanto orgánica como mineral. Arcila et al., (2002) destaca que es fundamental implementar un programa de manejo nutricional para alcanzar el máximo potencial de producción y rentabilidad, asegurando que las plantas reciban cantidades suficientes y equilibradas de todos los nutrientes esenciales.

Además, para maximizar el potencial de un sistema de producción, es esencial comprender los factores climáticos, así como aquellos relacionados con el suelo y el cultivo los cuales incluyen la densidad de siembra y la edad de la plantación, entre otros, destacando que, este conocimiento integral permite optimizar las condiciones de cultivo para alcanzar el máximo rendimiento posible (DaMatta et al., 2007).

Rossi et al., (2019), menciona que en los estudios de nutrición mineral un aspecto a tener en cuenta la absorción y acumulación de elementos requeridos en cada una de las etapas fenológicas del cultivo. Así mismo, Dubberstein et al. (2019), señala que varios estudios han demostrado que los cafetales tecnificados a libre exposición solar, pueden responder

positivamente al suministro de N, K, P, Mg, S, Fe y B, lo cual depende de factores como la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas y densidad de siembra, entre otros.

Frente al escenario de bajos rendimientos y poca rentabilidad de la producción de café, la investigación se desplegó para buscar soluciones prácticas adaptando y diseñando programas de fertilización y nutrición en etapa reproductiva, para garantizar una producción de grano por planta, por ende, generar ingresos económicos para los productores de café.

En este contexto, se genera la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida incide la fertilización edáfica en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café Typica Mejorada y Bourbon Sidra?

3.1. Objetivo general:

– Determinar el efecto de la fertilización edáfica 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 edáficos en el desarrollo y maduración de los frutos de café variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos.

– Establecer el efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en el rendimiento del café variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada, en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos.

4. Marco teórico

El cultivo del café es una actividad que requiere cuidado y atención a lo largo de todo el proceso para asegurar la calidad del producto final. Las condiciones climáticas, el suelo y otros factores ambientales también influyen en el sabor y las características del café cosechado. Café es la definición empleada para el fruto y/o granos provenientes de las plantas del género *Coffea*; así como, de los productos del procesamiento del grano destinados al consumo humano, pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, Orden Gentianales, Familia Rubiaceae, género *Coffea* (Álvarez, 2022); es originario de la antigua Etiopía, a principios del silo XVII. En Ecuador se introdujo en 1830 (Holguín, 2019).

Es así como, en algunos cantones de Manabí, como Jipijapa, se destaca la alta producción de café, siendo una actividad de gran importancia para las exportaciones del país. Ecuador posee una considerable extensión de tierra dedicadas al cultivo de café, lo que genera empleo de la mano de obra tanto directa como indirecta. Las provincias productoras en el país son: Manabí, Loja, El Oro, Carchi, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, los Ríos, Guayas, Esmeraldas y Galápagos (Pérez, 2022).

4.1 Clasificación Taxonómica

Según Pilatasig, (2017) la clasificación taxonómica del café es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub-División: Angiospermae

Clase: Magnoliataea

Orden: Rubiales

Familia: Ruibiaceae

Especie: *Coffea arabica* L.

4.2 Variedades de café (Coffea)

Comercialmente existen dos especies de café importantes el *Coffea arábica* L. y *Coffea Canephora* P. ex. Fr., las cuales se diferencian por su composición química y cualidades organolépticas (Puerta, 2000). Entre las variedades más cultivadas de la especie arábica que han contribuido a la producción nacional tanto en cantidad como en calidad de bebida, se encuentran Caturra, Catuai, Pache, Parché Colis, Bourbon Mundo Novo, Typica entre otras (Anacafé, 2019).

4.2.1 Características de la variedad de café var. Bourbon sidra

La planta de la variedad Bourbon en comparación con la planta de la variedad Typica presenta una forma cónica menos acentuada, presentando ramas secundarias más abundantes, además entrenudos más cortos y mayor cantidad de axilas florales. Los brotes tienen un color verde y tienen la hoja más ancha con bordes ondulados, el fruto es de un tamaño menor, un poco más corto, y en su madurez es de color rojo además presenta excelente calidad de taza. Por sus condiciones de vigor, tiene mejor conformación y un mayor número de yemas florales que presentan una capacidad productiva 20 a 30 % superior a la variedad Typica (Álvarez, 2022).

El Bourbon es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos por lluvias y por la forma en que se desarrolla se la conoce como variedad de porte alto (3 metros) siendo susceptible a vientos fuertes. También presenta susceptibilidad a la roya. Se cultiva en diferentes altitudes, pero los mejores resultados se obtienen en zona media y altas de 1 070 a 1 980 msnm (Álvarez, 2022).

4.2.2 Características de la variedad de café var. Typica mejorada

Es uno de los cafés de porte alto, con buena calidad de taza de café, el tamaño del fruto es grande, entre nudos largos, hojas elípticas y alargadas, la primera cosecha es al año cuatro y de requerimientos nutricionales media, de baja productividad con alta susceptibilidad a roya y se adapta a condiciones frías (Quintana, 2018). En comparación con otras variedades, Typica es de baja productividad, con acentuado comportamiento bienal en su producción y susceptible al ataque de roya. Sin embargo, existen nichos especiales de mercado para este café por su excelente calidad de taza (Álvarez, 2022).

4.3 Fase reproductiva del café (Desarrollo del fruto)

El desarrollo del fruto tiene una duración de 220 a 240 días en promedio, dependiendo de la región. Y durante su desarrollo, el fruto pasa a través de diferentes etapas (Jaramillo y Arcila, 2009).

- **Etapa 1:** Las primeras 7 semanas después de la floración (0 - 50 días). Es una etapa de desarrollo lento, en la cual el fruto posee el tamaño de un fósforo.
- **Etapa 2:** Durante la semana 8 a la 17 después de la floración (50 - 120 días). El fruto crece en forma rápida y adquiere su tamaño final, la semilla posee consistencia gelatinosa.
- **Etapa 3:** En las semanas 18 a la 25 después de la floración (120-180 días). La semilla completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.
- **Etapa 4:** Durante las semanas 26 a la 32 después de la floración (180 - 224 días). El fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza la etapa de maduración.
- **Etapa 5:** Mediante la semana 32 (más de 224 días), el fruto se sobre madura y se torna de un color violeta oscuro y finalmente se seca. En esta etapa habitualmente el fruto pierde peso.

Durante el desarrollo del fruto existen diferentes factores que pueden afectarlo. Entre estos factores se encuentran la disponibilidad hídrica que juega un papel primordial y su efecto varía de acuerdo con la etapa del desarrollo en que se encuentra el fruto, por tanto, si las deficiencias hídricas ocurren durante las semanas 7 y 14 después de la floración, se afectará el tamaño del fruto, y si este ocurre entre las semanas 15 y 25, se producen granos vanos o defectuosos por insuficiente llenado de la almendra. Los excesos hídricos no tienen un efecto particular sobre el crecimiento y desarrollo de los frutos y más bien su efecto es indirecto al favorecer la presencia de enfermedades que atacan los frutos como el mal rosado o favorecer la pérdida de flores (Jaramillo y Arcila, 2009). La cosecha de los frutos de café se hace habitualmente con el criterio empírico del color de la cereza, la cual, al madurar, muestra una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivar o variedad, y como resultado se obtiene un producto cosechado con frutos verdes, pintones, maduros, sobre maduros y secos (Melo y Piñeros, 2015).

4.4 Factores determinantes de la productividad del café

La producción es la parte de la planta utilizable y se mide como la cantidad de grano o de materia seca. Cuando esta producción se relaciona con los recursos utilizados para su obtención, se genera el concepto de productividad (Arcila et al., 2007). La productividad del cafetal comienza a determinarse por la calidad del sitio donde se siembra el cafetal (condiciones de suelo y clima), y de acuerdo con el grado de adaptación, potencialidad y estabilidad productiva de la variedad utilizada (variedades de porte alto o porte bajo) (Ramírez, 2013).

4.5 Requerimientos nutricionales del cultivo del café en producción

De acuerdo con Sadeghian y González (2012), el crecimiento y el desarrollo del café, y por tanto su producción y rentabilidad, 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. Los elementos más importantes para una buena nutrición del café son: N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn y B. La detección de las deficiencias o de los excesos de los nutrimentos en los cafetales, se basa en un control permanente (Naranjo, 2018).

Estudios anteriores han demostrado que en esta etapa las plantaciones tecnificadas pueden responder positivamente al suministro de N, P, K, Mg, S, Ca y, eventualmente a B, dependiendo de factores como la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, la densidad de siembra y el nivel de sombra, entre otros (Sadeghian, 2008).

Para cafetales tecnificados a libre exposición solar, las cantidades de nitrógeno (N) y potasio (K₂O) varían entre 240 y 300 kg/ha/año, mientras que las del fósforo (P₂O₅), magnesio (MgO) y azufre (S) oscilan entre 30 y 60 kg/ha/año (Sadeghian y González, 2012).

4.6 Fertilización

La práctica de fertilización tiene como objetivo mantener o aumentar la fertilidad del suelo para que las plantas se nutran; para lograr este objetivo se emplean abonos orgánicos e inorgánicos, así como microorganismos que ayudan a corregir las deficiencias o excesos, debido a la naturaleza del material parental, al clima y al uso y manejo del suelo, de acuerdo con las exigencias de los cultivos (Sadeghian, 2008).

En los cultivos de cafeto la fertilización incrementa el tamaño de la planta y genera mayor número de hojas por rama, además, la disponibilidad de agua en el suelo determina el crecimiento de las plantas, así a mayor disponibilidad de agua las plantas se desarrollan de mejor manera (Chemura, 2014).

4.6.1 Fertilización edáfica

La fertilización realizada mediante aplicaciones al suelo se llama edáfica, la influyen factores tales como la cantidad de Materia Orgánica (MO), la acidez del suelo expresada en el pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), que es la capacidad de suministrar nutrientes a través de la solución del suelo y la humedad de este (Sadeghian y González,2012). La fertilización edáfica se complementa con la foliar, y estas dependen de factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo.

5. Metodología

5.1 Localización del experimento

El experimento se llevó a en la Finca Agro Loja, que está ubicada en la subregión de la parroquia Malacatos, localizada geográficamente a una latitud 4°14'00,5" sur y una longitud 79°16'26,4" W, a una altitud de 1 468 msnm. Cuenta con un de clima subtropical seco, con una temperatura media anual de 20,6 °C; una precipitación media anual de 733 mm, una humedad relativa que fluctúa entre los 70 % y 80 %. La finca tiene una extensión de 27,5 hectáreas de las cuales 50 % son dedicadas a la caficultura, con plantas de siete años aproximadamente, se produce las variedades Caturra, Typica, Bourbon Sidra y Geisha (Pagacoffee.com, 2017) (Figura 1).



Figura1: Ubicación geografía de la finca Agro Loja en la parroquia de Malacatos. Cantón y provincia de Loja.

5.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental completamente al azar (DBCA), se llevó a cabo en lotes de variedades Bourbon Sidra y Typica Mejorada. Aplicando cuatro tratamientos edáficos: fertilizante químico, grosso verde, fertilizante químico + grosso verde y un tratamiento control sin fertilización, para la aplicación de la fertilización química se consideró los resultados de los análisis de suelo, para grosso Verde se tomó en cuenta ficha técnica del producto. Todos los tratamientos presentaron tres repeticiones (Figura. 2). Las prácticas agrícolas aplicadas a la plantación durante la fase experimental se ejecutaron considerando el manejo tradicional del cultivo. Los detalles de los tratamientos se describen en la Tabla 1.

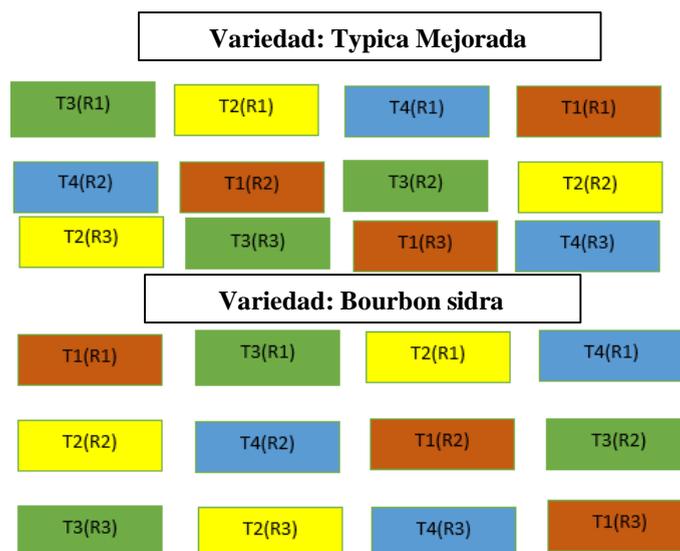


Figura 2: Distribución de los tratamientos y repeticiones

Tabla 1: Descripción de los tratamientos aplicados

Código de tratamiento		
1	T1	Grosso
2	T2	Fertilizante Químico
3	T3	Grosso + Fertilizante Químico
4	T4(Testigo)

5.3 Aplicación de los tratamientos

Se seleccionaron cinco plantas, por cada parcela de las cuales se escogió cuatro ramas en relación con los cuatro puntos cardinales, de las mismas, se identificaron diez frutos que se encuentren en la etapa conocida como "cabeza de alfiler" (estado 71), y se utilizó como referencia la escala de maduración planteada por Arcila et al., (2002). Para evaluar el efecto de los fertilizantes edáficos en el cultivo de café, se aplicaron tres fertilizantes sobre las variedades Bourbon Sidra y Typica Mejorada de siete años los cuales fueron Grosso otro tratamiento fue una fertilización química la cual consto de Sulfato de amonio, Sulfato de potasio, Kieserita y Sulfato de zinc, el tercer tratamiento es la aplicación de grosso más la fertilización química. Y un testigo sin fertilizante; la composición química de dichos fertilizantes se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Composición de los Fertilizantes

Tratamiento	Código	Composición de los fertilizantes (%)														
		N	P	k	Zn	S	B	Sulfato de Amonio		Sulfato de potasio		Kieserita			Sulfato de Zinc	
								N	S	K	S	K	Mg	S	S	ZN
Grosso	T1	12	6	21	1	10	3									
Fertilización Química	T2							21	24	50	18	3	19	15	13	34
Grosso+Fertilización Q.	T3	12	6	21	1	10	3	21	24	50	18	3	19	15	13	34
Testigo	Tes															

Manejo del ensayo

Se delimitó el ensayo por cada una de las variedades, según el diseño experimental establecido, señalando con diferentes etiquetas los frutos en cada una de las ramas escogidas.

Se realizaron aplicaciones edáficas durante el ensayo, calculado para las 120 plantas de estudio y distribuidas para cada tratamiento correspondiente. Los nombres comerciales de fertilizantes que se aplicaron fueron Grosso el cual se aplicó 50 g por planta en una sola dosis, el segundo tratamiento se aplicó fertilización química con Sulfato de amonio 202,4 g/planta esta se racionalizo en dos aplicaciones cada una de 101,2 g/planta y después de 15 días la segunda dosis, los demás fertilizantes utilizados se realizaron en una sola aplicación como el Sulfato de potasio 123,8 g/planta, Kieserita 72,6 g/planta y Sulfato de zinc 3,3 g/planta, el tercer tratamiento es la aplicación de grosso más la fertilización química especificada anteriormente y el ultimo tratamiento sin fertilización.

5.4 Metodología para el primer objetivo

Objetivo: Describir el efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en el desarrollo y maduración de los frutos de café variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos

- **Número de ramas:** Se contó el total de ramas desde la parte inferior hasta la superior; se la realizó al inicio y al final del ensayo.
- **Diámetro ecuatorial y polar del fruto:** Para esta variable se seleccionó 10 frutos al azar de ramas ya identificadas considerando los 4 puntos cardinales, se registró

el diámetro ecuatorial y polar con un calibrador digital cada 15 días hasta el momento de la cosecha.

- **Etapas fenológicas en el cuajado y formación de frutos:** Se seleccionó 10 frutos que estaban iniciando la formación para identificar los estados del desarrollo del fruto se utilizó la escala BBCH (Arcila et al., 2002).
- **Números de flores:** Se contabilizó y determinó el número de flores en distintos estados fenológicos desde la etapa 50 según la escala BBCH (Gómez., 2010). En las cuatro ramas por planta posteriormente se obtuvo un promedio por tratamiento y finalmente se estableció las diferencias existentes entre los tres tratamientos.

5.4.1 Evaluación de las fases fenológicas y características físicas

Para identificar la fase fenológica de desarrollo y maduración del fruto, se utilizó la escala BBCH propuesta por Arcila et al. (2002). Se evaluó cada uno de los diez frutos seleccionados, con el objetivo de cuantificar los días que tardan en cambiar de un estado al otro, en las diferentes etapas del desarrollo y maduración del cerezo.

5.4.2 Características del cerezo

De los diez frutos seleccionados por rama, cuando alcanzaron su madurez fisiológica, se tomó cinco frutos al azar por planta y se llevó al laboratorio para realizar las siguientes mediciones: **humedad, proteína y ceniza**. El secado de café cereza se realizó en estufa de convección forzada a 105°C, hasta que las muestras presentaron un peso constante. El porcentaje de humedad se determinó con base en la diferencia del peso fresco y el peso seco de la muestra. Para obtener la proteína se realiza primero la digestión que consiste en colocar la cantidad adecuada de muestra agregando H₂SO₄ concentrado luego se realiza la destilación que sirve para neutralizar el ácido sulfúrico y por último se valora con solución de H₂SO₄ 0,1 N, hasta lograr el viraje del indicador (INTERNATIONAL, 2016)

5.5. Metodología para el segundo objetivo

Establecer el efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en el rendimiento del café variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada, en la finca Agro Loja, parroquia Malacatos

5.5.1 Rendimiento de la producción de café cereza

- **Producción de café, cereza por planta:** se cosechó una rama al azar de las cuatro señaladas por planta y tratamiento; se pesó y este se multiplicó por el número de ramas productivas total de la planta, esto se hizo para cada variedad.
- **Rendimiento café cereza (kg/ha):** Tomando los datos de producción de café en cereza por planta y la densidad de siembra, se calculó el rendimiento kg/ha, por tratamiento y variedad respectivamente.

5.5.2 Fenología y crecimiento del fruto

En las dos variedades de estudio se evidenció la fenología de desarrollo del fruto de acuerdo con la escala BBCH hasta la cosecha.

5.5.3 Colorimetría

Se selecciona una muestra representativa de frutos de café cereza de la plantación luego se limpia y se prepara los frutos eliminando cualquier material extraño o defectuoso. Para proceder a la medición del color del fruto utilizando un colorímetro. Este dispositivo proporciona valores numéricos que representan el tono y la intensidad del color. (Carvajal, 2011)

5.5.4. Análisis estadístico

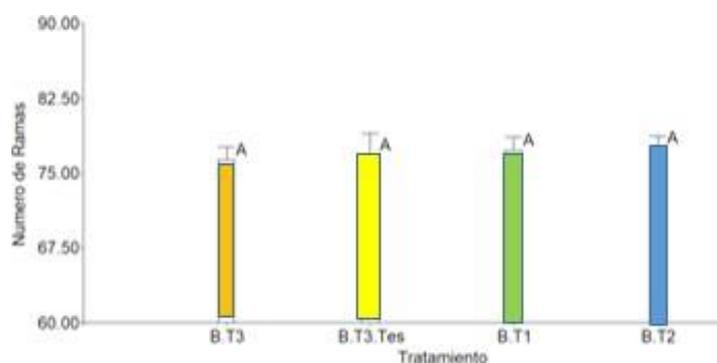
Se llevó a cabo el análisis en el programa estadístico InfoStat versión 2020, los datos fueron sometidos a un análisis de supuestos (se aplicó prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas con el test de Levene), luego se realizó análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de significancia del 5 %, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos por cada variable evaluada, además se realizó pruebas de comparación múltiple mediante el test Tukey al 95% de confianza para identificar cual es el mejor tratamiento

6. Resultados

6.1 Número de ramas

Se contabilizó el número de ramas y se sacó un promedio total de cada tratamiento y variedad, en donde se comprobó que la variedad Typica Mejorada y Bourbon Sidra tienen un promedio de 75 ramas sin presentar diferencia significativa como se muestra en la Fig. 3

V. Bourbon Sidra (V1)



V. Typica Mejorada (V2)

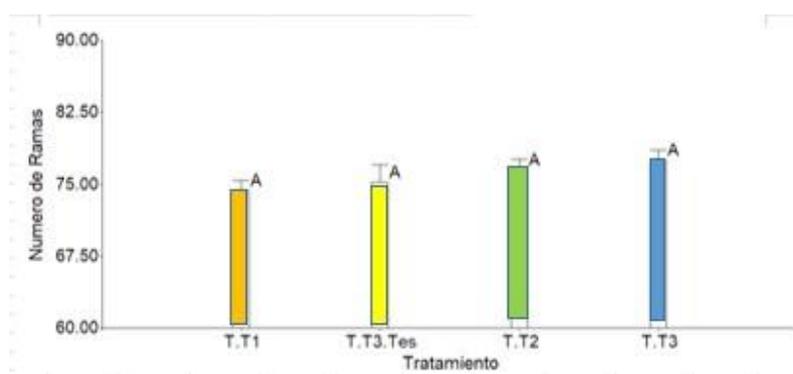


Figura 3: Número de ramas V1: Bourbon Sidra y V2: Typica Mejorada: B. T1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3 (Bourbon Tratamiento 3); T. T1 (Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.2 Diámetro Polar y Ecuatorial

En la Figura 4 se observa el crecimiento del fruto, tomando datos cada 15 días del diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP) desde el inicio de su fructificación hasta momento de la cosecha a los 180 DDT (Días después del tratamiento). Se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

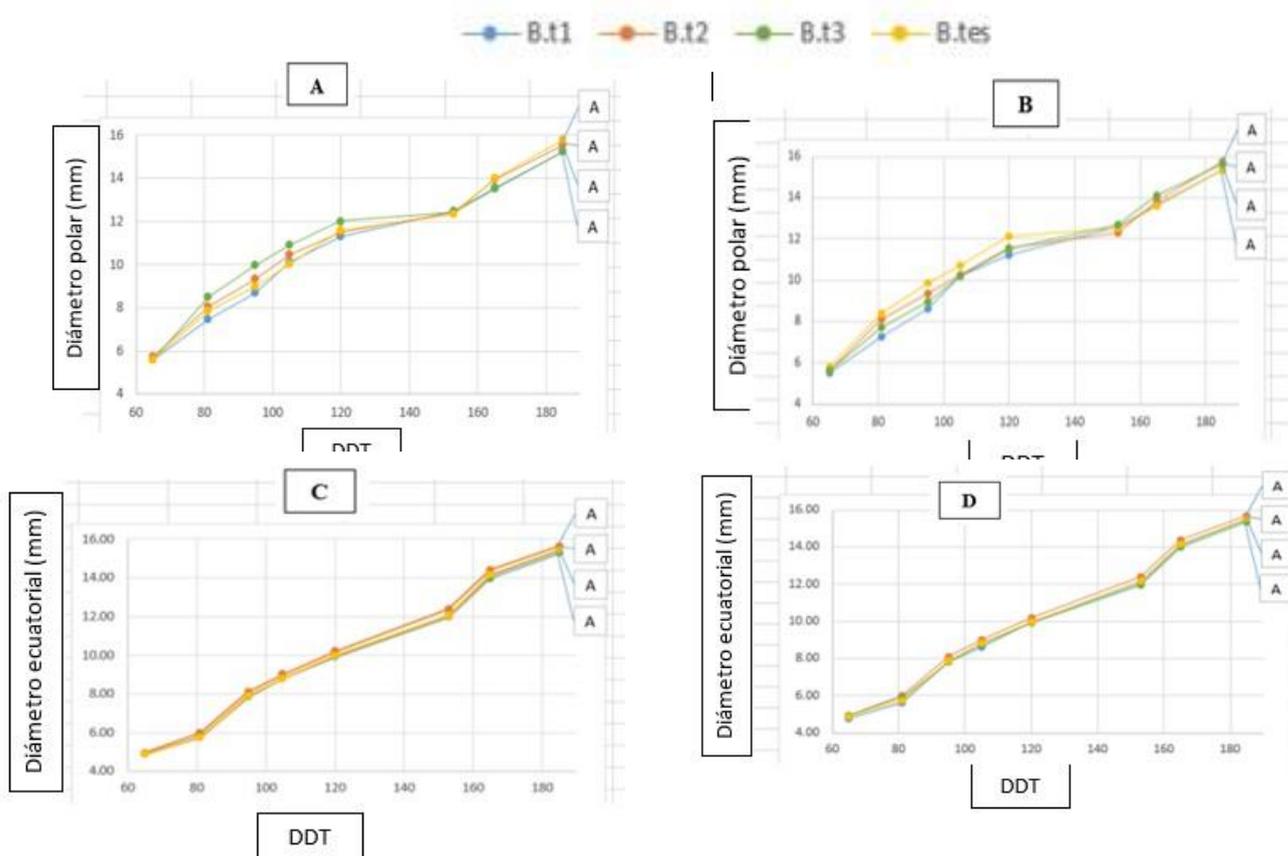


Figura 4: Dinámica de crecimiento de frutos de café bajo diferentes estrategias de fertilización en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica. A) y B) Diámetro polar; C) y D) Diámetro ecuatorial.

B. T1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3 (Bourbon Tratamiento 3); T. T1 (Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3 (Typica Tratamiento 3)

6.3. Fenología y crecimiento del fruto

Se observó los estados: 70 (frutos visibles), 71, 73, 75, 79 y estados de maduración del fruto y semilla 81, 85 y 88 (fruto de cosecha) (Figura 5). El fruto alcanzó su madurez

fisiológica y aproximadamente a los 185 días después de floración se empezó su cosecha en las dos variedades.



Figura 5. Fenología del fruto de café en la finca Agro Loja, Malacatos.

Estados BBCH: 70 (frutos visibles), 71, 73, 75, 79, 81, 85 y 88 (fruto de cosecha)

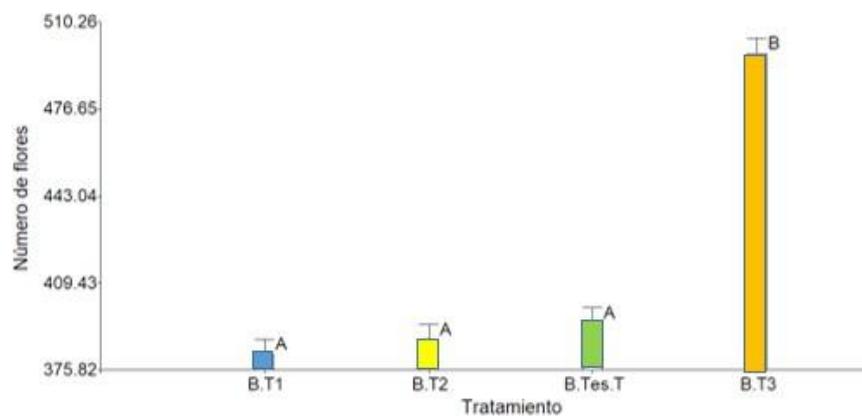
Tabla 3: Estados BBCH: 70 (frutos visibles), 71, 73, 75, 79, 81, 85 y 88 (fruto de cosecha)

Escala	Descripción
70	Los primeros frutos verdes son visibles después de la caída de las flores
71	Iniciación del crecimiento de la cereza
73	Frutos de color verde claro y su contenido es líquido y cristalino.
75	Los frutos han alcanzado el 50% de su tamaño final.
79	Frutos han alcanzado el 90% de su tamaño final (madurez fisiológica)
81	Se inicia el cambio de color del fruto de verde oliva a rojo o amarillo
85	Incremento en la intensidad del color rojo o amarillo del fruto
88	Fruto está completamente maduro y listo para Cosecha

6.4 Número de flores

El número de flores se muestra mediante el análisis de varianza que el tratamiento tres presenta una diferencia significativa en las dos variedades con un promedio de 480 flores, en tanto que los demás tratamientos tienen un valor promedio de 380 flores como se observa en la Figura 6

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica Mejorada (V2)

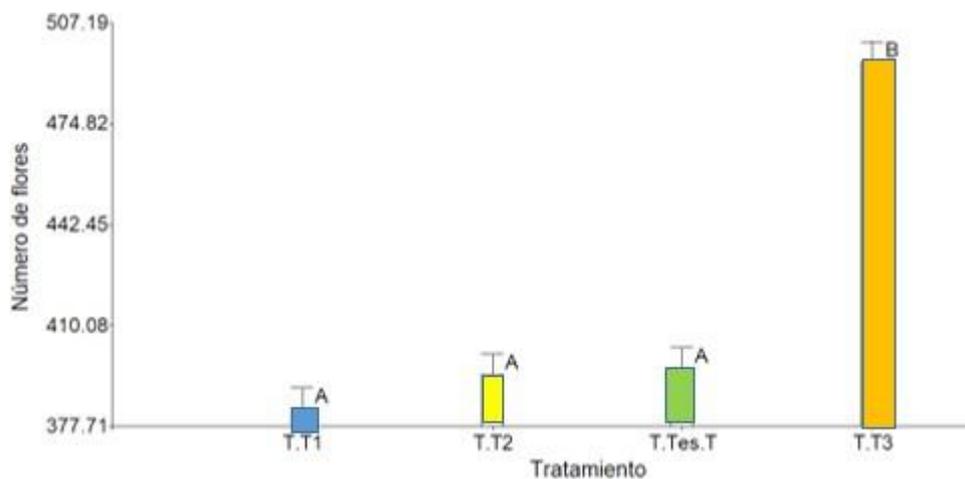
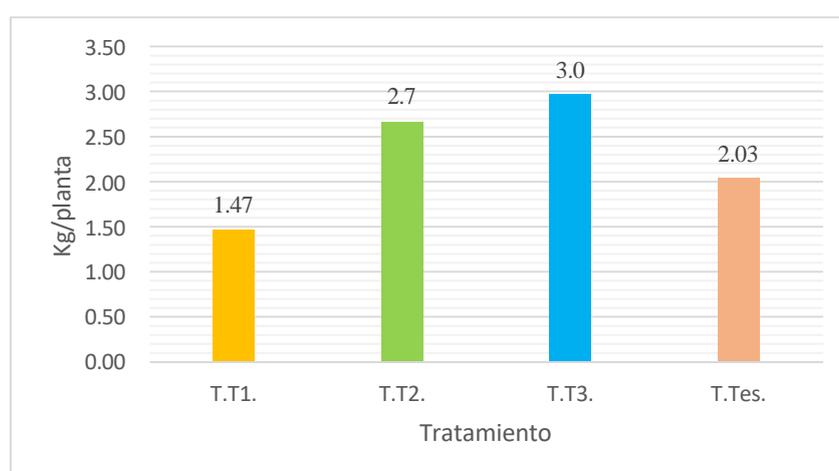


Figura 6: Numero de flores del café en cereza bajo diferentes estrategias de fertilización en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica: B. T1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3 (Bourbon Tratamiento 3); T.T1 (Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T.T3 (Typica Tratamiento 3)

6.5 Producción de café cereza por planta

De acuerdo con los resultados de la producción (kg) de café cereza por planta (Figura 7), evaluadas en el momento de la cosecha en la variedad Typica Mejorada y Bourbon Sidra, se observa que existe diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, teniendo los valores más altos de producción el Tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso), con un valor de 3,0 kg en la variedad Bourbon Sidra y un valor de 2,4 kg en la variedad Typica mejorada

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica Mejorada (V2)

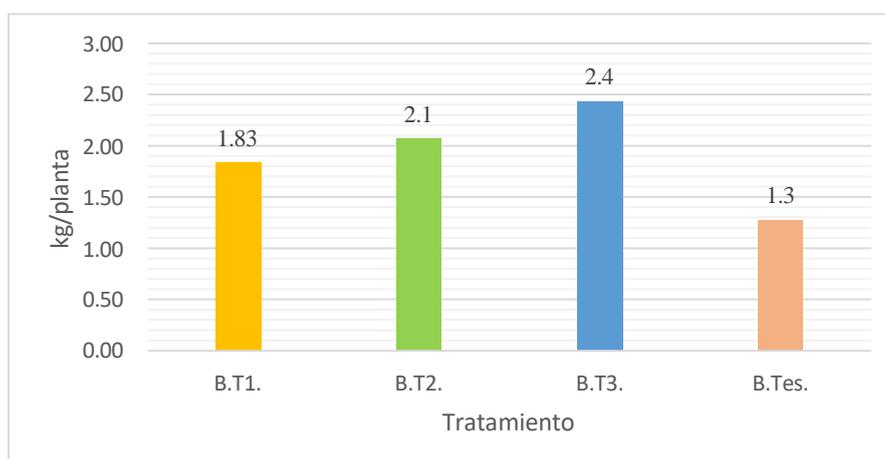
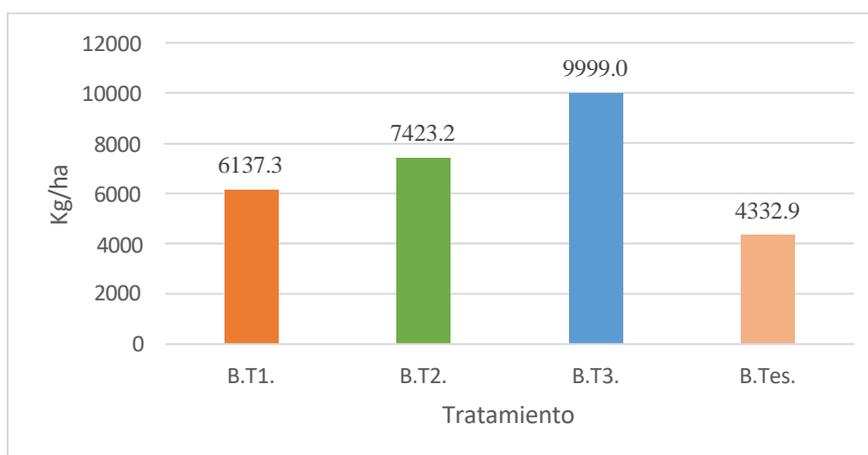


Figura 7: Producción del café en cereza por planta bajo diferentes estrategias de fertilización en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica: B. T1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3 (Bourbon Tratamiento 3); T. T1 (Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.6 Rendimiento café cereza (kg/ha)

En la Figura 8, se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos en las dos variedades con respecto al rendimiento de café cereza, destacándose el tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso). La variedad Bourbon Sidra obtuvo 9 999 kg/ha y la Typica Mejorada 7 999,2 kg/ha, con respecto al tratamiento Tes (testigo) que presentó los valores más bajos 4 332,9 kg/ha y 4 899,51 kg/ha en la variedad Bourbon Sidra respectivamente y Typica Mejorada

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica Mejorada (V2)

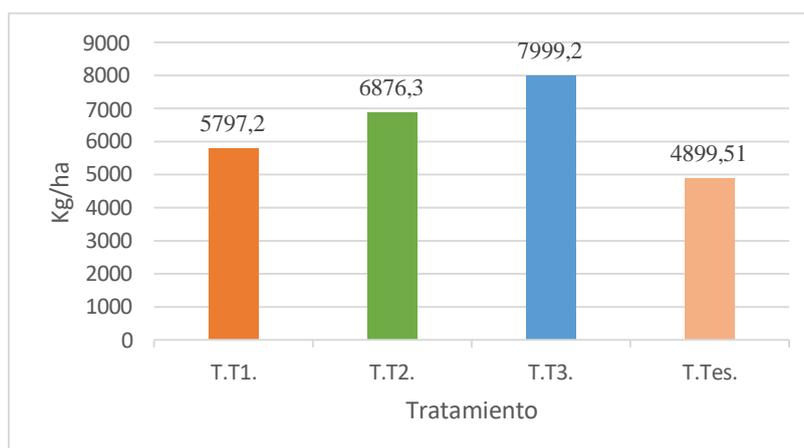
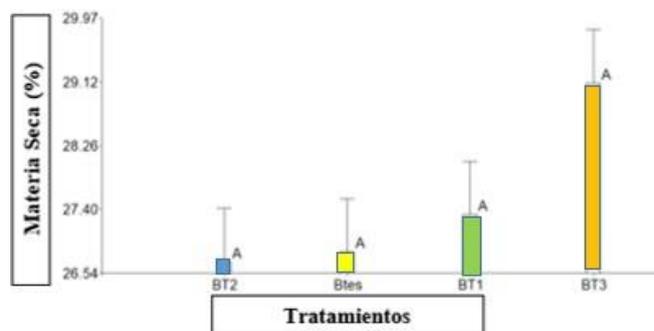


Figura 8: Rendimiento del café en cereza (kg/ha) mediante aplicación de fertilización edáfica en las variedades **V1:** Bourbon Sidra y **V2:** Typica en la finca Agro Loja. B1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3(Bourbon Tratamiento 3); T. T1(Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.7 Materia seca

En la Figura 9 se indica la variable de materia seca, los mejores resultados fueron en el tratamiento BT3 en la variedad 1 (V1: Variedad Bourbon Sidra) con un promedio de 29,1 % y en el tratamiento T. Tes en la variedad 2 (V2: Typica Mejorada) con un promedio de 26,9 %. No existen diferencias significativas ($p < 0,05$)

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica Mejorada (V2)

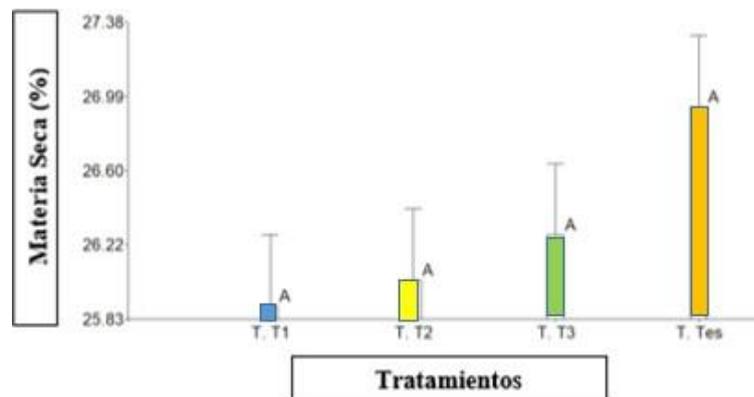
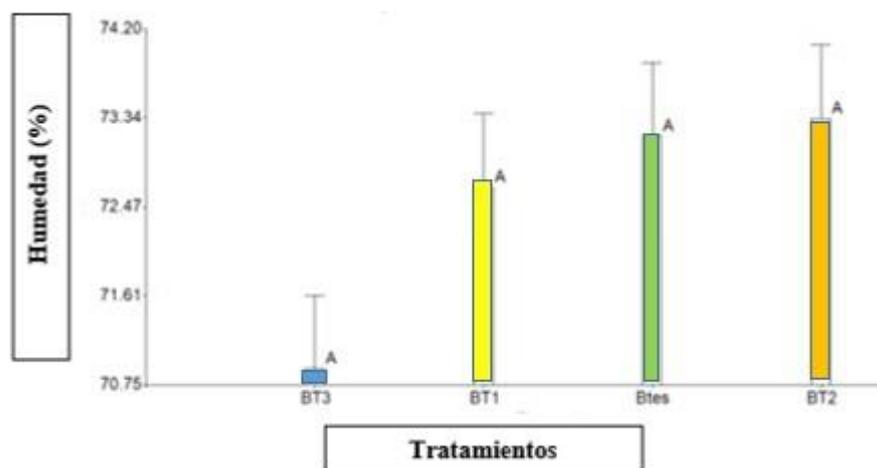


Figura 9: Promedio de resultados de laboratorio en materia seca en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica en la finca Agro Loja. B1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3(Bourbon Tratamiento 3); T. T1(Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.8 Humedad

En la Figura 10 se indica la variable de humedad, los mejores resultados fueron en el tratamiento BT2 en la variedad 1 (V1: Variedad Bourbon Sidra) con un promedio de 73,32 y en el tratamiento T. T1 en la variedad 2 (V2: Typica Mejorada) con un promedio de 74,2. No existen diferencias significativas ($p < 0,05$)

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica Mejorada (V2)

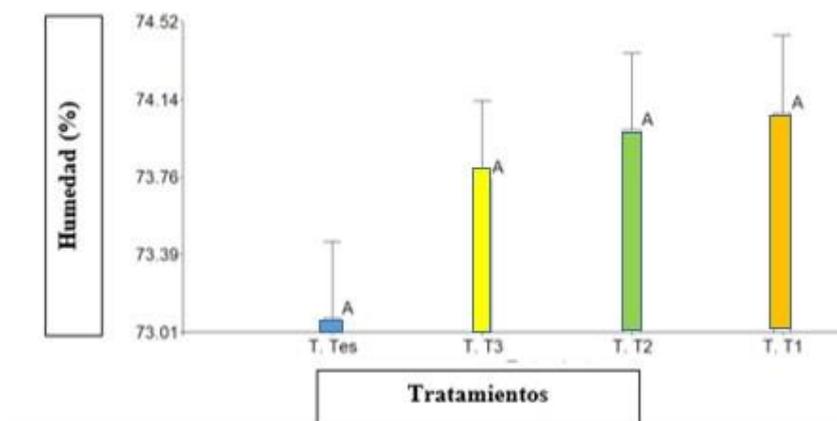
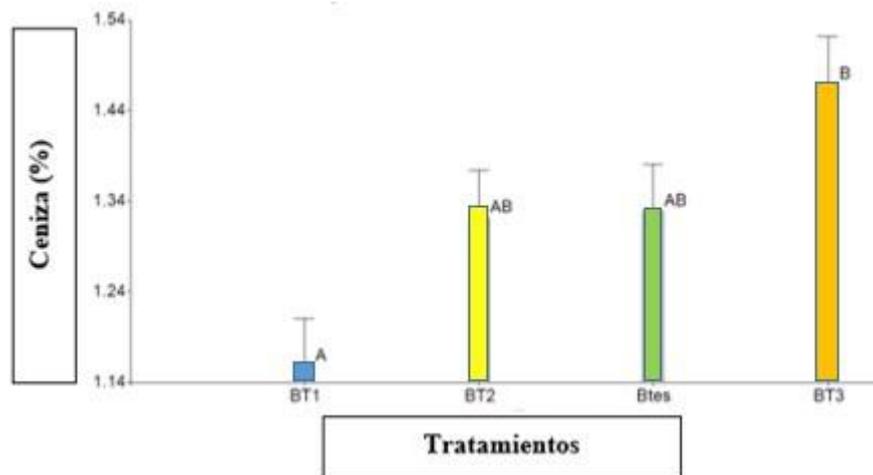


Figura 10: Promedio de resultados de laboratorio en humedad en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica en la finca Agro Loja. BT1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3(Bourbon Tratamiento 3); T. T1(Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.9 Ceniza

En la Figura 11 En la figura 11 se indica la variable de ceniza, los mejores resultados fueron en el tratamiento BT3 en la variedad 1 (V1: Variedad Bourbon Sidra) con un promedio de 1,46 y en el tratamiento T. Tes en la variedad 2 (V2: Typica Mejorada) con un promedio de 1,37.

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica mejorada (V2)

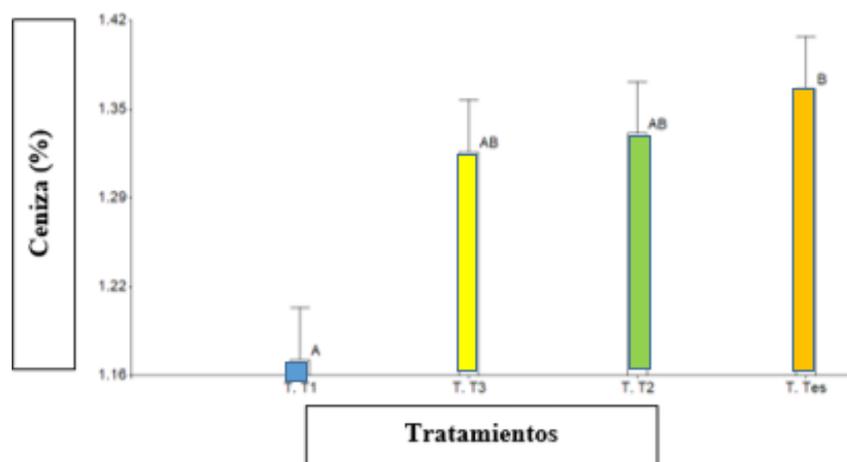
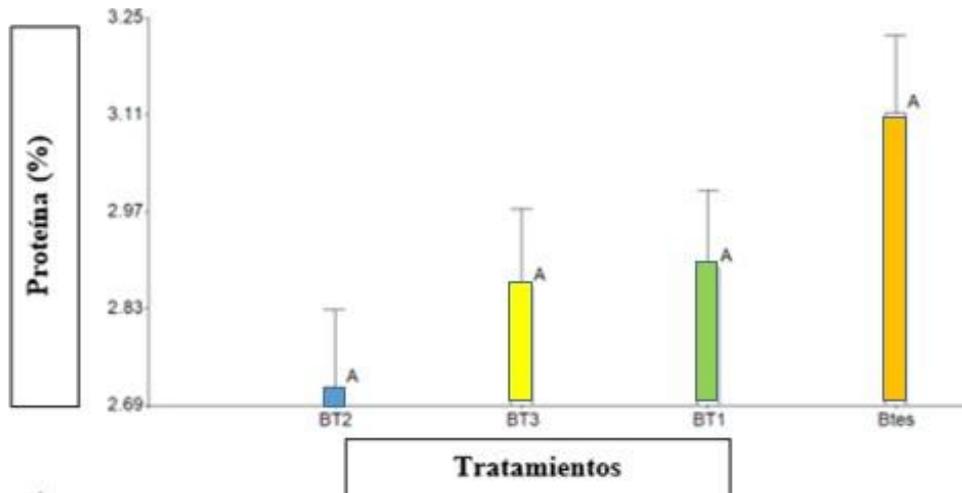


Figura 11: Promedio de resultados de laboratorio en ceniza en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: Typica en la finca Agro Loja. BT1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3(Bourbon Tratamiento 3); T. T1(Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.10 Proteína

En la Figura 12 se indica la variable de proteína, los mejores resultados fueron en el tratamiento B. Tes en la variedad 1 (V1: Variedad Bourbon Sidra) con un promedio de 3,11 y en el tratamiento T. T2 en la variedad 2 (V2: Typica Mejorada) con un promedio de 2,94. No existen diferencias significativas ($p < 0,05$)

Variedad Bourbon Sidra (V1)



Variedad Typica mejorada (V2)

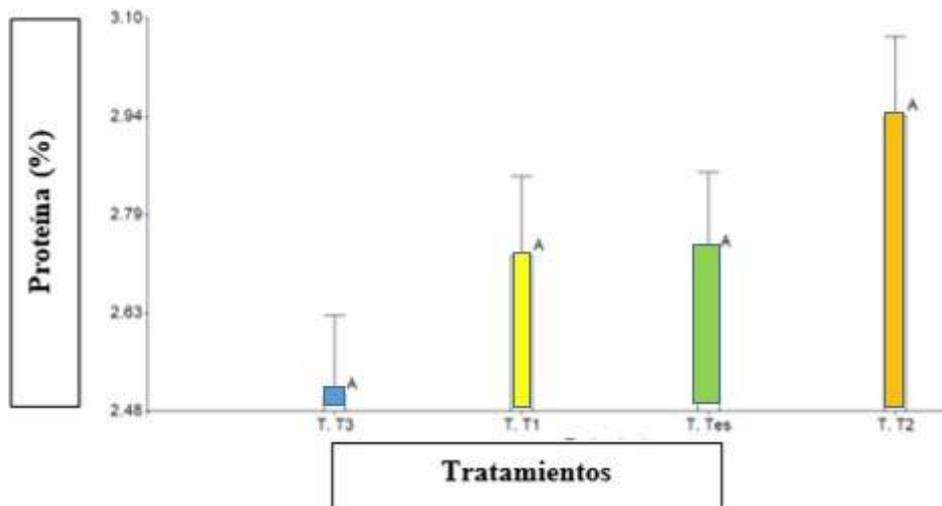


Figura 12: Promedio de resultados de laboratorio en proteína en las variedades **V1:** Bourbon Sidra y **V2:** Typica en la finca Agro Loja. BT1 (Bourbon Tratamiento1), B. T2 (Bourbon Tratamiento2), B. Tes (Bourbon Testigo), BT3(Bourbon Tratamiento 3); T. T1(Typica Tratamiento1), T. T2 (Typica Tratamiento2), T. Tes (Typica Testigo), T. T3(Typica Tratamiento 3)

6.11 Colorimetría

En la tabla 4 se indica los valores de colorimetría, donde se consta que los colores de los granos de café oscilan entre rojo y café tanto en la variedad Typica Mejorada como en la variedad Bourbon Sidra.

Tabla 4. Efecto de la variedad y fertilización sobre las coordenadas cromáticas de color del epicarpio de los frutos de café cosechados.

T	Fertilizantes Edáficos	L	a	b	Código	Nombre del color	Color resultante
Variedad Typica							
1	Grosso	20,17	26,7	16,83	#571D19	Red Oxide	
2	Fertilizante Químico	24,67	24,23	13,64	#602A27	Red Devil	
3	Grosso + Fertilizante Químico	25,24	23,7	21,13	#632B1	Caput Mortum	
4	Testigo	19,25	25,31	15,18	#541D1A	Red Oxide	
Variedad Bourbon Sidra							
1	Grosso	10,1	16,66	6,51	#321113	Seal Brown	
2	Fertilizante Químico	11,99	25,57	12,34	#410B0E	Seal Brown	
3	Grosso + Fertilizante Químico	14,9	19,98	13,67	#431813	Rustic Red	
4	Testigo	9,01	16,62	7,64	#300F11	Seal Bron	

7. Discusión

Numero de ramas

El análisis de los datos obtenidos en el estudio de las variedades de café Typica Mejorada tiene 75 y Bourbon Sidra 76 lo que revela que ambas variedades mantienen un promedio, lo que indica una consistencia estructural entre ellas.

En el estudio desarrollado por Moncayo (2024), en cuanto a las ramas el cultivar Bourbon Sidra presentó un promedio de 78 ramas y el cultivar Typica Mejorada un promedio de 75 ramas. Por otro lado, León (2021) destaca que la evaluación del número de ramas en plantas de café, como *Coffea arabica*, es de gran relevancia en la investigación agronómica debido a su impacto directo sobre el rendimiento y la calidad del café. Las ramas no solo representan un parámetro morfológico clave, sino que también son indicativas de la capacidad productiva de la planta.

Estos resultados son superiores a los obtenidos en la investigación de Álvarez et al., (2023) realizado en Malacatos, cantón Loja, en la cual se evaluaron los efectos de diversas estrategias de nutrición sobre dos variedades de café (*Coffea arabica*), obteniendo que la fertilización edáfica rica en nutrientes y micorrizas, más fertilización foliar con bioestimulantes orgánicos, en el Bourbon Sidra fue de 69 ramas.

Diámetro polar y ecuatorial

En cuanto al crecimiento del fruto, medido a través de los diámetros ecuatorial y polar cada 15 días hasta los 180 días después del tratamiento, no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos teniendo un promedio de 15 mm tanto en el diámetro polar como ecuatorial. Estos resultados son similares a los reportados en la investigación de Muñoz & Muyulema (2022) en la cual, obtuvo un diámetro del fruto tanto con la utilización de fertilización, como sin él con un promedio de 16 mm en el diámetro polar y 17 mm en diámetro ecuatorial.

En el estudio desarrollado por Moncayo (2024), en cuanto al diámetro polar el cultivar Bourbon Sidra presentó un promedio de 17 mm y el cultivar Typica Mejorada un promedio de 14 mm

Número de flores

En los hallazgos del presente estudio, se obtuvo que el tratamiento tres que corresponde a Grosso + Fertilizante Químico, sobresalió significativamente en las dos variedades, con un número de 480 flores en la variedad Typica Mejorada, y 479 flores en la variedad Bourbon Sidra comparado con un promedio de 380 que tiene el tratamiento 1, siendo el de menor porcentaje de número de flores de todos los tratamientos. Esto indica una respuesta positiva de

ambas variedades a este tratamiento, que está relacionado con una mejora en la disponibilidad o absorción de nutrientes necesarios para la floración. Resultado que coincide con el estudio de Álvarez et al. (2023) donde presenta un total de 480 flores en las dos variedades de estudio.

Así mismo el estudio desarrollado por Gonzales (2024), en cuanto al número de flores el cultivar Bourbon Sidra presentó un promedio de 473 ramas y el cultivar Typica Mejorada un promedio de 475 flores resultados que coinciden con el estudio realizado.

Producción de café cereza por planta

De acuerdo a los resultados de la producción (kg) de café cereza por planta (Figura 6), evaluadas en el momento de la cosecha en la variedad Typica Mejorada y Bourbon Sidra, se observa que existe diferencias significativas ($p > 0,05$), presentando los valores más altos de producción el Tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso) con un promedio de 2,4 kg/planta en la variedad Bourbon Sidra y 3 kg/planta en la variedad Typica Mejorada, mientras que los valores más bajos se observaron en el tratamiento Tes (Testigo) con un promedio de 1,3 kg/planta y 1,47 respectivamente. Según el estudio de Bustamante et al., (2004) en el caso del café (*Coffea arabica* L.) Var. Caturra se obtuvo un rendimiento promedio superior a 2,5 kg/planta de café cereza por planta. Con respecto a lo anterior Abregu (2015) en plantaciones de café de 8 años, variedad Caturra con fertilizaciones edáficas obtuvo una producción por planta de 0,94 kg/planta. Además, Montes y Flórez (2019) en su estudio alcanzaron una producción de 2,3 kg/planta resultados similares a los del presente estudio.

Rendimiento café cereza (kg/ha)

El tratamiento 3 (Fertilización Química + Grosso) demostró ser el más efectivo en mejorar el rendimiento del café cereza en ambas variedades, en donde la variedad Bourbon Sidra obtuvo un rendimiento de 9 999 kg/ha, y la Typica Mejorada llegó a 7 999,2 kg/ha, con respecto al tratamiento Tes (testigo) que presentó los valores más bajos 4 332,9 kg/ha y 4 899,51 kg/ha en la variedad Bourbon Sidra y Typica Mejorada respectivamente

Los resultados son similares al estudio de Álvarez et al., (2023), realizado en la finca de café arábigo en Malacatos, que analizó las variedades Bourbon Sidra y SL28, producción y el rendimiento del café, con la estrategia de nutrición 2 (EN_2), que consistió en aplicaciones frecuentes y combinadas de nutrientes esenciales como N, P, K, S, Zn, y Fe, además de aminoácidos, micorrizas y ácidos húmicos, resultó en un aumento del 71 % en la producción por planta y llevó el rendimiento a 9610,45 kg/ha, superando significativamente a las estrategias más tradicionales. Chacón et al., (2021) en su ensayo obtuvo datos inferiores con el

uso de bioestimulantes con 2 aplicaciones en etapa productiva (2 años de edad) en la variedad Sarchimor con un rendimiento de 6793 kg/ha de café cereza) en tanto que Montes y Flórez (2019) evaluaron el efecto de fertilización con abono líquido orgánico fermentado aeróbicamente (A.L.O.F.A) e inoculantes micorrízicos foliares aplicados al suelo mensualmente desde floración hasta la cosecha, en la variedad Castillo, alcanzando un rendimiento de 12 070 kg/ha de café cereza superando los resultados del presente estudio.

Niveles de humedad, ceniza y proteína en los granos de café

Por otro lado, en relación a los resultados obtenidos sobre la caracterización física de las variedades de café Bourbon Sidra y Typica Mejorada, se obtuvo que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de humedad, ceniza y proteína entre los tratamientos, lo que indica que estos componentes pueden ser menos sensibles a las variaciones en la fertilización o que otros factores ambientales o de manejo pueden estar influyendo en estos resultados. (León, 2021)

No se han encontrado análisis comparativos de las propiedades fisicoquímicas de las especies antes de un tratamiento de tostado, por lo que, se compara con la investigación desarrollada por Aida (2021) sobre las variedades de café Bourbon Sidra y Typica Mejorada las cuales, tras ser tostadas a 220 °C durante 12 minutos, en el cual se observó que la variedad Typica mostró una humedad del 2,07 %, cenizas al 3,54% y un contenido de proteína del 10,36 %. Por otro lado, el café Bourbon Sidra presentó una humedad ligeramente superior del 2,38 %, ceniza al 3,31 %, y un contenido de proteína del 10,69 %. Estas cifras reflejan las variaciones intrínsecas entre las variedades, a pesar de ser cultivadas bajo condiciones ambientales similares, sugiriendo la influencia de factores genéticos en las características químicas de cada tipo de café.

Colorimetría

La colorimetría de los granos de café en las variedades Typica Mejorada y Bourbon Sidra muestra una variedad de colores, destacando que, en la variedad Typica Mejorada, varían desde "Red Oxide" en el tratamiento Testigo y con Grosso, pasando por "Red Débil" con Fertilizante Químico, hasta "Capot Norton" en la combinación de Grosso más Fertilizante Químico, indicando una intensidad de rojo más pronunciada y profunda en esta última combinación. Por su parte, la variedad Bourbon Sidra exhibe tonos más oscuros, donde tanto los tratamientos con Grosso como con Fertilizante Químico y sus combinaciones muestran variantes de "Sea

Brown" a "Rustic Red", siendo este último más intenso y rojizo con la combinación de ambos fertilizantes.

Destacando que, los valores de humedad más altos observados en los tratamientos BT2 y T1 para las variedades Bourbon Sidra y Typica Mejorada, respectivamente, son de aproximadamente 73,32 % y 74,2 %, lo cuales son elevados en comparación con los rangos típicos de humedad asociados con diferentes colores de granos, lo que puede contribuir a la densidad y luminosidad reducida en los granos, y eventualmente a sus tonalidades más profundas y menos vibrantes. (Moncayo, 2024)

8. Conclusiones

- No se observaron diferencias significativas en el número de ramas entre las variedades Typica y Bourbon Sidra, independientemente del tratamiento de fertilización aplicado. Esto sugiere que la ramificación de las plantas de café no se ve afectada por las prácticas de fertilización evaluadas en este estudio.
- Los tratamientos de fertilización influyeron en la cantidad de flores producidas por planta. El tratamiento tres (Grosso + Fertilizante Químico) mostro una significativa diferencia, con un mayor número de flores en comparación con los otros tratamientos
- A pesar de no haber diferencias significativas en el crecimiento del fruto, se observaron variaciones en la producción de café cereza por planta y por hectárea entre los diferentes tratamientos. Específicamente, el tratamiento tres, que involucraba fertilización química + grosso, resultó en los mayores rendimientos, destacando la importancia de una adecuada gestión nutricional para optimizar la producción de café.
- Los análisis de materia seca, humedad, ceniza y proteína no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

9. Recomendaciones

- Dado que el tratamiento con Grosso más fertilizante químico resultó ser el más efectivo en incrementar la floración y que la fertilización química generó los mayores rendimientos de café cereza, se recomienda ajustar y optimizar los regímenes de fertilización para las diferentes fases de desarrollo del cultivo. Esto incluye la aplicación precisa de fertilizantes en momentos críticos del ciclo de cultivo para maximizar los beneficios sin sobrepasar los requerimientos nutricionales de las plantas.
- Aunque la calidad del café (materia seca, humedad, ceniza y proteína) no mostro diferencias significativas con los tratamientos aplicados, es esencial continuar con la investigación para explorar otras variables o tratamientos que puedan influir positivamente en estos parámetros de calidad

10. Referencias bibliográficas

- 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. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/388/1/012046>
- Alvarado, M., & Rojas, G. (1994). Cultivo y beneficiado del café. EUNED. https://books.google.ro/books/about/Cultivo_y_beneficiado_del_caf%C3%A9.html?hl=es&id=15qrSG-5114C&redir_esc=y
- Aida, Q. (2021). *evaluación de los parámetros del proceso de tostado sobre la actividad antioxidante de tres variedades de Café Arábica Coffea Arábica L. (Typica, caturra rojo y bourbon sidra)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11300/2/03%20EIA%20524%20T RABAJO%20GARDO.pdf>
- Alvarez, M., Ruilova, V., Abad, R., & Capa, M. (2023). Influencia de diferentes estrategias de nutrición en la etapa reproductiva del café (*Coffea arabica*) en la Región Sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 13(2), 195–204. doi:10.54753/cedamaz.v13i2.1831
- 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.
- 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/10.1371/journal.pone.0191035>
- Bustamante, J., Casanova, A., Román, N., & Monterrey, C. (2004). Estimación temprana del potencial de rendimiento en café (*Coffea arabica* L.) Var. Bramón I. *Bioagro*, 16(1). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612004000100001
- Burbano, P., Valencia, A., & Lagos, T. (2022). Componentes de rendimiento en *coffea arabica* l. en tres zonas altitudinales del sur de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(51).

<https://link.gale.com/apps/doc/A689976007/AONE?u=anon~aa9097bb&sid=googleScholar&xid=af2de4d1>

- Chacón, Y., Chacón, A., Vargas, M., Cerda, J., & Hernandez, P. (2021). Influencia de un nuevo bioestimulante sobre la floración y fructificación en café (*Coffea arabica* L). *ESPAMCIENCIA*, 12(1), 33-40. doi:10.51260/revista_espamciencia.v12i1.226
- Coa, M., Silva, R., Méndez, J. R., & Mundarain, S. (2015). Fenología de la floración del cafeto var. Catuaí Rojo en el municipio Caripe del estado Monagas, Venezuela. *Idesia (Arica)*, 33(1), 59-67. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292015000100007&script=sci_abstract
- Cosme, R., Buendía, M., Rojas, E., & Poma, V. (2020). Caracterización morfológica de cinco variedades de café (*Coffea arabica* L.) y su resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), en el Valle del Alto Huallaga, Tingo María. *Revista Peruana de Innovación Agraria*, 1(1), 151-162. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2413>
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. (2016). Efectos de las aplicaciones foliares de nanofertilizantes de zinc y boro sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de granada (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticultura*, Juárez, T., Maldonado, Y., González, R., Octavio, M., Álvarez, P., & Salazar, R. (2021). Caracterización fisicoquímica y sensorial de café de la montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6).
- León, M. (2021). *Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (Coffea arabica L) a diferentes fuentes de fertilización* [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2739/1/TESIS%20LEON%20TUTIVEN%20MARIA%20FERNANDA%20FINAL%201....pdf>
- López, F., Escamilla, E., Zamarripa, A., & Cruz, G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Rev. fitotec. mex*, 39(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000300297
- Moncayo, D. (2024). *Caracterización morfológica, fisiológica y anatómica en los cultivares de café Bourbon y Typica en la finca “Agro Loja” de la parroquia Malacatos cantón Loja* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja].

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29960/1/DanielFernando_Monca yoHerrera.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29960/1/DanielFernando_Monca%20yoHerrera.pdf)

- Muñoz, V., & Muyulema, Y. (2022). Respuesta agronómica de las variedades de café geisha, *Sarchimor Y Manabí con fertilización orgánica e inorgánica en el Centro Experimental Sacha Wiwa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8570/1/UTC-PIM-%20000459.pdf>
- Rendón, J., Pulgarín, J., & Montoya, E. (2008). Estimación de la producción de café con base en los registros de floración. *Cenicafé*, 59(3), 238-259.
- Pilatasig, M. F. (2017). Respuesta agronómica de plantas de café arábica (*coffea arabica*) a la aplicación de abonos edáficos y foliares [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica De Cotopaxi].
- Puerta, G. (2000). Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L.
- Pulgarín, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café.
- Quintana, V. (2018). Radiosensibilidad de café (*coffea arabica l. var. typica*) aplicado con radiación gamma. 88
- Vázquez, Y., Vuelta, D., & Rizo, M. (2020). Estudios sobre calidad del café (*coffea arabica*) en la localidad de Filé, Municipio Tercer Frente, Santiago De Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(2), 66-81. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363909010/html/>
- Vidal, C., Julca, A., Castro, V., Alvarado, L., & Borjas, R. (2023). Atributos físicos y fisiológicos de las semillas de café (*Coffea arabica* L). *Siembra*, 10(2). Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502023000200005
- Villacis, P., & Aguilar, T. (2016). Comportamiento agronómico de cinco variedades de café (*coffea arábica l.*), sometido a diferentes aplicaciones foliares de biol [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11296/1/T-ESPE-002795.pdf>

11. Anexos



Anexo 1 Etiquetado de las plantas para la evaluación



Anexo 3. Toma de datos iniciales



Anexo 2. Fertilizantes edáficos



Anexo 4. Preparación para aplicaciones edáficas



Anexo 5. Cosecha del café

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cédula 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 denominada: **"Efecto de la aplicación de fertilizantes edáficos en fase reproductiva, en el rendimiento de dos variedades de café (Coffea arabica L) en la Finca Agro Loja, parroquia Malacatos"**, perteneciente al señor **Richard Stalin Poma Medina**, 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 SENEYCIT.

Anexo 7. Certificado de Ingles