



unl

Universidad
Nacional
de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica*), en Malacatos, cantón Loja

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

AUTORA:

María Fernanda Alvarez Lino

DIRECTORA:

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

Loja – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Loja, 04 de febrero del 2022

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración de tesis de grado titulado: **“Efecto de estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica*), en Malacatos, cantón Loja”**, de la autoría de la estudiante **María Fernanda Alvarez Lino**, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**MIRIAN IRENE CAPA
MOROCHO**

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.
DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo, María Fernanda Álvarez Lino 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 o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**MARIA
FERNANDA
ALVAREZ LINO**

Autora: María Fernanda Álvarez Lino

Cédula de Identidad: 1105241747

Correo electrónico: maria.alvarez@unl.edu.ec

Celular: 0990306934

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR O DE TITULACIÓN POR PARTE DEL AUTOR (A) PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO.

Yo, María Fernanda Alvarez Lino, declaro ser la autora del trabajo de titulación titulado **“Efecto de estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arabica*), en Malacatos, cantón Loja”** como requisito para optar 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 de la siguiente en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital, 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 trece días de abril del dos mil veinte y dos.

Firma:



Autora: María Fernanda Alvarez Lino

Cédula: 1105241747

Dirección: Calles Héctor Pilco y Carlos Yuqui, Esteban Godoy tercera etapa, cantón Loja - Loja.

Correo electrónico: maria.alvarez@unl.edu.ec

Celular: 0990306934

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de trabajo de titulación: Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

Tribunal de grado:

Presidente/a

Vocal

Vocal

Mg.Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo

PhD. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

PhD. Alex Eduardo Salazar González

DEDICATORIA

A mis padres Yanaira y Wilfrido; y a mis hermanos Rolando, Wilfrido, Segundo, Brayan, Mishell y María José, por el apoyo incondicional durante el trascurso de la carrera, y por ser mi inspiración y motivación de lucha para seguir adelante superándome como persona y profesional.

María Fernanda Alvarez Lino

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la virgen por guiarme y darme la sabiduría para culminar esta etapa de formación, por darme la fortaleza necesaria en todo momento en especial en las dificultades que se me han presentado durante esta etapa.

Expreso mi agradecimiento especial a mis padres Yanaira Lino y Wilfrido Alvarez por sus consejos, sacrificios y apoyo incondicional, a mis hermanas y hermanos por estar presente y apoyándome en cada uno de mis propósitos; a mis abuelos Fidelina y Manuel por sus palabras de aliento y superación, a mis tíos Flora y Blas por sus consejos y apoyo absoluto; y a toda mi familia en general.

También de manera especial a mi directora de tesis Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD. por la paciencia, dedicación, apoyo y ayuda total durante el desarrollo del presente trabajo.

A la carrera de Ingeniería Agronómica y Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de formarme como profesional, así como a cada uno de los docentes que aportaron con sus conocimientos y entrega durante el transcurso de mi formación.

A la familia Eguiguren Pozo propietarios de la Finca Santa Gertrudis por permitirme desarrollar el presente trabajo en su propiedad, así como a la empresa EUROAGRO por financiar los insumos, en especial al técnico Ing. Vinicio Ruilova por la disponibilidad del asesoramiento en campo y apoyo durante la realización del presente trabajo.

Finalmente, a mis compañeros, amigos de carrera y de vida en especial a Aida, Cristina y Lady por el apoyo constante, por estar presente siempre con consejos y palabras de aliento cuando más lo he necesitado.

María Fernanda Alvarez Lino

Índice

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
Índice	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstrac.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivos.....	5
3.1.1. Objetivo general.....	5
3.1.2. Objetivos específicos	5
4. Revisión Bibliográfica.....	6
4.1. Generalidades del café	6
4.2. Fase reproductiva del café (Desarrollo del fruto).....	6
4.3. Factores determinantes de la productividad del café.....	7
4.3.1. Factores edafoclimáticos.....	7
4.3.2. Factores de conversión	8
4.4. Requerimientos nutricionales del cultivo del café en producción	8
4.5. Fertilización.....	8

4.5.1.	Fertilización edáfica	9
4.5.2.	Fertilización foliar.	10
4.6.	Características de la variedad de café Bourbon Sidra	11
4.7.	Características de la variedad de café SL28	11
5.	Materiales y métodos.....	12
5.1.	Ubicación del área de estudio	12
5.2.	Diseño experimental.....	12
5.3.	Manejo del ensayo	15
5.4.	Metodología para el primer objetivo	15
5.5.	Metodología para el segundo objetivo.....	16
5.6.	Análisis estadísticos	17
6.	Resultados.....	18
6.1.	Variables vegetativas	18
6.1.1.	Altura de planta (cm).....	18
6.1.2.	Número de ramas primarias, secundarias y terciarias	18
6.1.3.	Nudos por rama	19
6.1.4.	Frutos por rama.....	20
6.1.5.	Fenología y crecimiento del fruto	21
6.1.6.	Grados Brix del fruto	22
6.2.	Variables productivas.....	23
6.2.1.	Componentes de la producción de café cereza por planta	23
6.2.2.	Rendimiento café cereza (kg/ha).....	25
6.3.	Correlación entre variables.....	25

7. Discusión	28
8. Conclusiones	33
9. Recomendaciones	34
10. Bibliografía	35
11. Anexos.....	39

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la finca Santa Gertrudis en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.....	12
Figura 2. Esquema en campo DCA en la finca Santa Gertrudis	13
Figura 3. Frutos por rama por variedad: V1:(Borboun Sidra) y V2 (SL28)	20
Figura 4. Fenología del fruto de café en la finca Santa Gertrudis	21
Figura 5. Dinámica de crecimiento de frutos de café bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: SL 82. A) y B) Diámetro ecuatorial; C) y D) Diámetro polar	22
Figura 6. Grados Brix de cerezas de café en dos variedades en la finca Santa Gertrudis.	23
Figura 7. Variables productivas en el café bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades V1: Bourbon Sidra y V2: SL 82; A) y B) Peso individual del fruto; C) y D) N° de frutos por planta; E) y F) Producción por planta (kg/planta).....	24
Figura 8. Rendimiento del café en cereza (kg/ha) bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades: V1: Bourbon Sidra y V2: SL 82 en la finca Santa Gertrudis	25

Índice de tablas

Tabla 1. Características del ensayo en café en la finca Santa Gertrudis, Malacatos-Loja, 2021.....	13
Tabla 2. Composición de los fertilizantes aplicados.....	14
Tabla 3. Altura de la planta de café bajo diferentes estrategias de nutrición en dos variedades	18
Tabla 4. Número de ramas primarias, secundarias y terciarias por cada tratamiento, en dos variedades de café evaluadas en la finca Santa Gertrudis	19
Tabla 5. Número de nudos iniciales y finales por rama, de las plantas de café en dos variedades	20
Tabla 6. Correlación entre variables en la variedad Bourbon Sidra.....	26
Tabla 7. Correlaciones entre variables en la variedad SL28	27

Índice de anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas del manejo y desarrollo del estudio	39
Anexo 2. Escala BBCH ampliada aplicada al cultivo de café (Arcila et al., 2001)	43
Anexo 3. Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamientos en la finca Santa Gertrudis	44
Anexo 4. Cronograma de aplicaciones edáficas y foliares, productos (Manejo alternativo)	45
Anexo 5. Carta de compromiso de la empresa EUROAGRO, financiera de insumos agrícolas.	46

Efecto de estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en el rendimiento de dos variedades de café (*Coffea arábica*), en Malacatos, cantón Loja

2. Resumen

La producción de café es uno de los cultivos más importantes por su alta contribución a los agricultores ecuatorianos. Sin embargo, su rendimiento aún es bajo debido a la falta de programas de fertilización en sus diferentes etapas fenológicas. Por lo que en el presente estudio el objetivo fue evaluar el efecto de las estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en rendimiento de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja. Para tal efecto, se ejecutó un ensayo de campo en la finca Santa Gertrudis en la variedad Borboun Sidra y SL28 de 2,5 años de edad en etapa productiva, bajo un arreglo DCA con 4 tratamientos (manejo productor, manejo alternativo y combinaciones entre estos) y 5 repeticiones. Se evaluó las variables: altura, número de ramas primarias, secundarias y terciarias, nudos por rama, frutos por rama, crecimiento del fruto, grados brix del fruto, producción por planta y rendimiento del café en cereza y para la fenología del fruto se utilizó la escala BBCH ampliada para el cultivo de café. Los resultados con mayor efecto positivo se lograron con la estrategia o tratamiento 2 denominado manejo alternativo (Fertilización edáfica, con macro y micronutrientes, micorrizas, más fertilización foliar a base de bioestimulantes orgánicos) con aplicaciones a los 15 y 30 días durante cinco meses después de la floración, con este se alcanzó valores superiores en las variables evaluadas con respecto los demás tratamientos siendo el testigo o manejo del productor el de los valores inferiores. Por lo que se prueba el uso de micorrizas y bioestimulantes, que independientemente sea el origen de estos, su aplicación en la etapa productiva del café estimula sus procesos, el cual a su vez incide en la morfología de la planta, producción y rendimiento.

Palabras claves: Café, fertilización, productividad.

2.1. Abstrac

Coffee production is one of the most important crops because of its high contribution to Ecuadorian farmers. However, its yield is still low due to the lack of fertilization programs in its different phenological stages. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effect of nutrition strategies during the reproductive stage and on the yield of two varieties of coffee in Malacatos, canton Loja. For this purpose, a field trial was carried out at the Santa Gertrudis farm on the Borboun Sidra and SL28 varieties of 2.5 years of age in the productive stage, under a DCA arrangement with 4 treatments (producer management, alternative management and combinations of these) and 5 replications. The following variables were evaluated: height, number of primary, secondary and tertiary branches, nodes per branch, fruit per branch, fruit growth, brix degrees of the fruit, production per plant and coffee cherry yield, and for the phenology of the fruit, the BBCH scale extended for coffee cultivation was used. The results with the greatest positive effect were achieved with the strategy or treatment 2 called alternative management (edaphic fertilization, with macro and micronutrients, mycorrhizae, plus foliar fertilization based on organic biostimulants) with applications at 15 and 30 days during five months after flowering, with which higher values were achieved in the variables evaluated with respect to the other treatments, with the control or management of the producer having the lowest values. This proves the use of mycorrhizae and biostimulants, that regardless of their origin, their application in the productive stage of coffee stimulates its processes, which in turn affects the morphology of the plant, production and yield.

Key words: Coffee, fertilization, productivity

3. Introducción

El sector cafetero es importante para el Ecuador, tiene un impacto positivo en la economía, generando divisas por exportaciones, que ingresan al país. La producción cafetalera ecuatoriana ha tenido bajos rendimientos (318,15 kg de café pilado por ha/año) provenientes de huertos de pequeños productores que no han sido renovados durante décadas y en los cuales no existe innovación tecnológica (Chiriboga, 2019). En Loja, el café es el cultivo que sigue en importancia al maíz, alcanza el 14,4 % del área cultivada, con plantaciones establecidas en todos los cantones, excepto Zapotillo (Jiménez *et al.*, 2018).

En el Ecuador, las principales causas de la baja productividad en el cultivo de café son: desconocimiento del germoplasma cultivado, deficiencia en la aplicación de riego, problemas en la prevención y control de las enfermedades, mal manejo de podas sanitarias y de formación, malas prácticas de fertilización, ausencia de programas de nutrición y varios manejos del cultivo que se deben tomar en cuenta para la buena productividad de café (COFENAC, 2013).

Capa (2015) argumenta que, en los sistemas productivos del país, se manejan inapropiadamente los fertilizantes, lo que conlleva a una pérdida de nutrientes, y con ello, bajas producciones, por lo cual es importante estudiar las dosis adecuadas para la fertilización, tanto mineral como orgánica.

Para expresar el potencial de un sistema de producción, se requiere el conocimiento de los factores climáticos, así como los relacionados al suelo y al cultivo como la densidad de siembra, edad de plantación, entre otros. No obstante, también requiere de un programa de manejo de nutrición adecuado y eficiente, que garantice el suministro de las cantidades de nutrimentos necesarios para mantener una máxima productividad y rentabilidad del cultivo, que además minimice el impacto ambiental (Naranjo, 2018).

Sadeghian y González (2012), mencionan que en los estudios de la nutrición mineral un aspecto a tener en cuenta se relaciona con la absorción y la acumulación de los elementos requeridos por los diferentes órganos de la planta, en cada una de las etapas fenológicas del cultivo.

Estudios anteriores en café han demostrado que la nutrición en la etapa reproductiva las plantaciones tecnificadas pueden responder positivamente al suministro de N, K, P, Mg, S, Ca y eventualmente, a boro, dependiendo de factores como la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, la densidad de siembra y el nivel de sombra, entre otros (CENICAFÉ, 2012).

Frente al escenario de rendimientos bajos y poca rentabilidad de la producción de café en el Ecuador, 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, mejoren los ingresos de los caficultores.

En este contexto, se genera la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en el rendimiento, de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja? Y como preguntas específicas: ¿Qué efecto tienen las estrategias de nutrición en la fenología de la etapa reproductiva de dos variedades de café? ¿Cuál es la respuesta de las estrategias de nutrición en el rendimiento de dos variedades de café?

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las estrategias de nutrición durante la etapa reproductiva y en rendimiento de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja.

3.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de las estrategias de nutrición en la fenología de la etapa reproductiva de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja

Determinar la respuesta de las estrategias de nutrición en el rendimiento de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja

4. Revisión Bibliográfica

4.1. Generalidades del café

El café pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, Orden Gentianales, Familia Rubiaceae, género *Coffea* (Jiménez, 2008). El café tiene su origen en los bosques tropicales de África. Pertenece a la familia de las Rubiáceas, la cual está formada por 500 géneros y más de 6.000 especies. El género *Coffea*, es el de mayor importancia económica y está conformado por 103 especies. Las plantas tienen una altura que va desde pequeños arbustos hasta árboles de alrededor de 4 m. Su madera es dura y densa, presenta inflorescencias cimosas, compuestas por flores hermafroditas con corolas blancas o ligeramente rosadas. El fruto se clasifica como una drupa indehiscente, formado por dos semillas (Romero y Camilo, 2019).

La mayor o menor intensidad del crecimiento del cafeto, está condicionado por la disponibilidad de agua, nutrientes y energía solar (Chemura, 2014).

Los diferentes estados fenológicos de la planta de café se manifiestan de manera simultánea, es decir, en una misma planta es posible encontrar formación de nudos, hojas, estructuras de floración y frutos en diferente estado de desarrollo, aspecto que conduce a que se presente una permanente competencia por fotoasimilados (González *et al.*, 2014).

4.2. Fase reproductiva del café (Desarrollo del fruto)

El desarrollo del fruto dura de 220 a 240 días en promedio, dependiendo de la región. Durante su desarrollo, el fruto pasa a través de diferentes estados (Jaramillo y Arcila, 2009).

Etapas 1: primeras 7 semanas después de la floración (0 – 50 días). Es una etapa de crecimiento lento, en la cual el fruto tiene el tamaño de un fósforo.

Etapas 2: semanas 8 a la 17 después de la floración (50 – 120 días). El fruto crece en forma acelerada y adquiere su tamaño final, y la semilla tiene consistencia gelatinosa.

Etapas 3: semanas 18 a la 25 después de la floración (120–180 días). La semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.

Etapas 4: semanas 26 a la 32 después de la floración (180 – 224 días). El fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.

Etapa 5: después de la semana 32 (más de 224 días), el fruto se sobremadura y se torna de un color violeta oscuro y finalmente se seca. En esta etapa generalmente el fruto pierde peso (Jaramillo y Arcila, 2009).

Durante el desarrollo del fruto existen diferentes factores ambientales que pueden afectarlo. Entre estos factores, la disponibilidad hídrica 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 entre las semanas 7 y 14 después de la floración, se afectará el tamaño del fruto, y si éste 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, sobremaduros y secos (Melo y Piñeros, 2015).

4.3. 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 siembre el cafetal (condiciones de suelo y clima), y de acuerdo al grado de adaptación, potencialidad y estabilidad productiva de la variedad utilizada (variedades de porte alto o porte bajo) (Ramírez, 2013).

4.3.1. Factores edafoclimáticos

Llanco (2014) menciona que las condiciones óptimas de producción de un cafetal es la adecuada cantidad, calidad y duración de la luz solar; temperatura del ambiente, del suelo y de las hojas del cafeto; humedad relativa del ambiente y del suelo.

Para el cultivo de café, la temperatura media debe oscilar entre 17 y 23 °C, la altura de 1000 a 2000 m. s.n.m., con la precipitación media anual bien distribuida y superior a 1200 mm y la humedad relativa debe estar sobre 70 % (Llanco, 2014). Los mejores suelos para el café son

los francos, con permeabilidad moderada, pH entre 5,5 y 6,5 y el porcentaje óptimo de materia orgánica (MO) para el cafeto está entre el 2,1 a 5,7 % (Meza, 2019).

4.3.2. Factores de conversión

En la planta de café, el crecimiento del follaje y las ramas es simultáneo con el desarrollo de la cosecha, por tanto, se presenta una competencia por recursos. Así, el suministro no sólo dependerá de la actividad de la fuente nutricional, sino también de la manera como se distribuyan entre las estructuras (los vertederos) que compitan por ellos. Para la obtención de una alta producción por unidad de área, el modelo tecnológico que se utilice debe permitir que se mantengan la mayor cantidad de nudos productivos por área, con la mayor cantidad de frutos por nudo y el mayor peso de granos por fruto (León y Acosta, 2017).

4.4. Requerimientos nutricionales del cultivo del café en producción

De acuerdo a 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, y las del fósforo (P₂O₅), magnesio (MgO) y azufre (S) entre 30 y 60 kg/ha/año (Sadeghian y González, 2012).

4.5. 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 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, así a mayor disponibilidad de agua las plantas se desarrollan de mejor manera (Chemura, 2014).

4.5.1. 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 del mismo (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.

Micorrizas: micorriza hace referencia a la asociación simbiótica (“vivir conjuntamente dos o más organismos”), entre las raíces de las plantas y cierto grupo de hongos habitantes naturales del suelo (Rivillas *et al.*, 2019).

La micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y penetrarlas intercelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de las endomicorrizas, al mismo tiempo, las hifas se ramifican en el suelo, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas de la misma o de diferentes especies. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, lo que hace que la micorriza establezca una gran unión bajo el suelo entre plantas que, a simple vista, podrían parecer lejanas y sin ninguna relación. Así, la micorriza ofrece a la planta hospedera y al ecosistema, diferentes beneficios en términos de sobrevivencia y funcionamiento (Camargo *et al.*, 2012).

Son diversos los beneficios de la asociación simbiótica entre las micorrizas y las plantas así como: incremento en la superficie de absorción de agua y de nutrimentos; amplía la vida útil de las raíces absorbentes; mejor absorción de nutrientes y acumulación eficiente, en especial el fósforo; solubilización de minerales en el suelo, facilitando su absorción por las raíces; aumento de la capacidad fotosintética de la planta; incremento de la tolerancia de las plantas a toxinas del suelo y a valores extremos de acidez del suelo; disminuye el estrés causado por factores ambientales (Cano, 2011).

La aplicación de micorrizas no sustituye la fertilización; la planta de café al igual que cualquier otro ser vivo necesita nutrirse para crecer, desarrollarse y expresar su máximo potencial productivo. El medio que sustenta la nutrición es el suelo, sea natural o por adición de fertilizantes, y es allí donde las micorrizas mejoran la “captura” de nutrientes para la planta (Rivillas *et al.*, 2019).

4.5.2. Fertilización foliar.

La fertilización foliar ha sido utilizada como un medio para suplir nutrimentos, hormonas, bioestimulantes y otras sustancias benéficas para las plantas. Los efectos observados de la fertilización foliar normalmente se traducen en un incremento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, mayor resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a déficit hídrico, y mejoramiento en la calidad de la cosecha (Meléndez y Molina, 2002). La respuesta de la planta a la nutrición foliar depende de varios factores como la especie, la fuente del fertilizante, la concentración, la frecuencia de aplicación, así como el estado de crecimiento de la planta.

La fertilización foliar de café ha sido tradicionalmente para suplir B y Zn, elementos que usualmente son deficientes en el cultivo. La nutrición foliar del café debe verse como un complemento al abonamiento al suelo y en ningún caso como un sustituto del mismo. Las recomendaciones generales son de 2-3 aplicaciones de abonos foliares que suplan principalmente B y Zn distribuidas en la época lluviosa. En café se aplica el criterio de fertilización foliar preventiva y complementaria en estado reproductivo (Sadeghian y González, 2012).

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 (Salamanca y González, 2020).

Bioestimulantes: bioestimulante se refiere a sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades adecuadas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos. Están compuestos por una amplia gama de productos, que van desde extractos de plantas hasta extractos animales, además combinaciones de estos con productos de reconocida función, tales como nutrimentos, vitaminas o reguladores de crecimiento. Se aplican normalmente por vía foliar pero también por vía radicular (Valverde *et al.*, 2020).

Existen diversos tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los compuestos por **aminoácidos:** estos bioestimulantes poseen aminoácidos en diferentes

composiciones: libres, en cadenas cortas (1-10 aminoácidos) oligopéptidos, o en cadenas largas (mayor de 10 aminoácidos) polipéptidos (Torres, 2018).

Los **aminoácidos** son las unidades básicas que componen las proteínas y estas juegan un papel clave en todos los procesos biológicos como en el transporte y el almacenamiento, el soporte mecánico, la integración del metabolismo, el control del crecimiento y la diferenciación. Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. El primero de ellos es producido por sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación permite, además, producir nuevos aminoácidos a partir de otros preexistentes (Valverde *et al.*, 2020).

Al aplicar bioestimulantes formulados a base de aminoácidos se suple a la planta con estos bloques estructurales (aminoácidos). Esto favorece el proceso de producción de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede dirigir hacia otros procesos como floración, cuajado y producción de frutos (Díaz *et al.*, otros, 2016).

4.6. Características de la variedad de café Bourbon Sidra

Se origina de la Isla Reunión, Sur África, este Varietal de café Bourbon recibe su nombre de las Islas Bourbon al este de Madagascar; variedad de porte alto (3 m). Las ramas forman ángulo de 45 grados con el eje principal, posee entrenudos más cortos que el Typica. Las hojas terminales son de colores verdes tiernos y más redondeados y brillantes que el Typica. El tallo es robusto con abundantes ramificaciones primarias, entrenudos más cortos respecto al Typica, elevado rendimiento en campo, y precoz. Los frutos son rojos, redondos, cortos y medianos, presenta alternancia en la producción (Montes *et al.*, 2015).

4.7. Características de la variedad de café SL28

El varietal de café SL28 fue creado en Kenia en los años 30 por los botánicos de los Laboratorios Scott, de ahí su nombre, a base de mutaciones y generación de híbridos entre el Mokka y Bourbon, quienes debieron catalogar las especies de café aptas para la comercialización, resistentes a sequías, de buena productividad, y con muy buen potencial de calidad de taza, pero susceptible a las principales enfermedades (Montes *et al.*, 2015).

5. Materiales y métodos

5.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en la finca Santa Gertrudis, ubicada en el Barrio El Porvenir de la parroquia Malacatos, catón y provincia de Loja. Presenta un clima templado húmedo, con una temperatura media de 20 °C, precipitación media anual de 1000 mm.

La latitud del área de estudio es de 5°49'51''S y la longitud de 80°47'16''W, con una altitud de 1800 m s.n.m. (GAD Loja, 2020) (Figura 1).

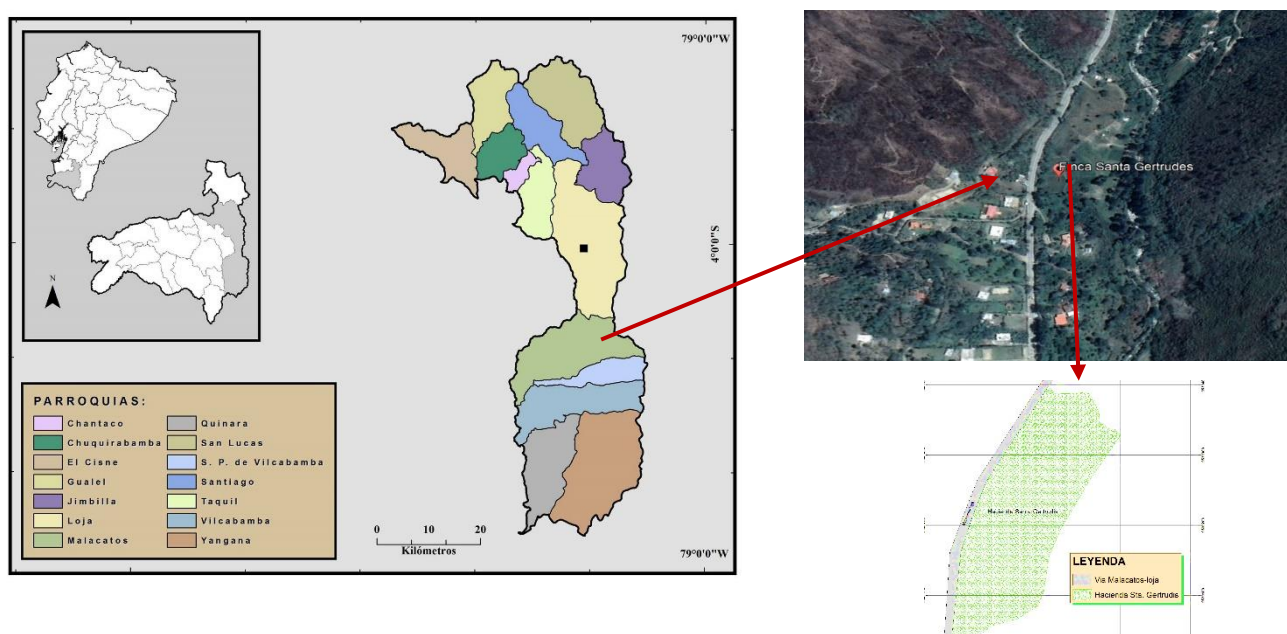


Figura 1. Ubicación de la finca Santa Gertrudis en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja

La plantación de café donde se ejecutó la investigación está en etapa productiva con alrededor de 2,5 años de plantada, con una distancia de siembra de 2 m entre hilera y 1,5 m entre planta, tanto en la Variedad 1: Borboun Sidra, como en la Variedad 2: SL28.

5.2. Diseño experimental

Se usó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 5 repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue integrada por 3 plantas con características homogéneas para reducir el error experimental, dando un total de 60 plantas por variedad (Figura 2 y tabla 1). Los tratamientos fueron:

T₁ (E+ F): Testigo Manejo del productor (fertilización edáfica productor más fertilización foliar productor)

T₂ (E₁ + F₁): Manejo alternativo (Fertilización edáfica, con macro y micronutrientes, micorrizas, más fertilización foliar a base de bioestimulantes orgánicos)

T₃ (E₁+F): Fertilización edáfica alternativa (con macro y micronutrientes, micorrizas) más Fertilización foliar productor

T₄ (E+F₁): Fertilización edáfica productor más fertilización foliar alternativa (a base de bioestimulantes orgánicos)

Modelo matemático para el DCA

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij}: variable de respuesta

μ: media general

τ_i: efecto fijo del tratamiento

ε_{ij}: error experimental.

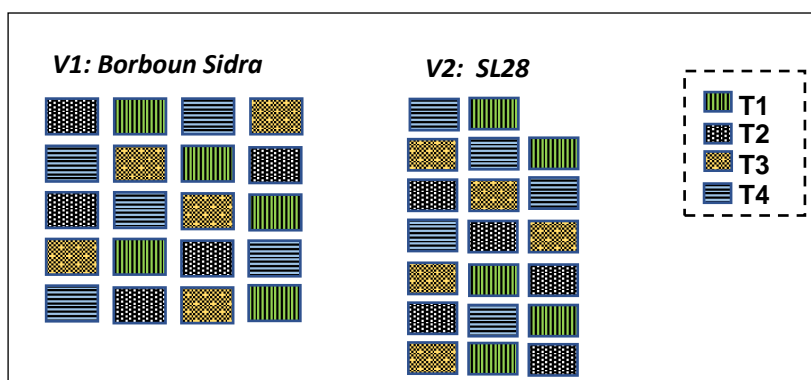


Figura 2. Esquema en campo DCA en la finca Santa Gertrudis

Tabla 1. Características del ensayo en café en la finca Santa Gertrudis, Malacatos-Loja, 2021.

Descripción	
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	5
Número de plantas por unidad experimental	3
Número total de unidades experimentales por ensayo	20
Número de Variedades	2 (Borboun Sidra y SL28)
Número total de plantas	60 2 variedades: 120

Tabla 2. Composición de los fertilizantes aplicados

Tratamiento	Código	Frec/aplicación Días	Edáfico Kg/ha										Foliar ml/ha								
			N	P	K	Fe	Ca	Zn	Mg	S	Mrrz	Ac.H	N	P	K	Fe	Ca	Zn	Mg	S	aa
Testigo	T ₁ (E+ F)	90	7	15	20	-	-	-	36	-	25	25	860	192	210	-	-	-	-	-	-
Manejo Alternativo	T ₂ (E ₁ + F ₁)	30 y 15	103	38	50	-	25	-	-	21	25	25	687	-	320	80	-	216		160	4650
Fertilización alternativo fertilización testigo	edáfica más foliar T ₃ (E ₁ +F)	30 y 90	103	38	50	-	25	-	-	21	25	25	860	192	210	-	-	-	-	-	-
Fertilización testigo fertilización alternativa	edáfica más foliar T ₄ (E+F ₁)	90 y 15	7	15	20	-	-	-	36	-	25	25	687	-	320	80	-	216		160	4650

Mrrz, Ac.H, aa, indican micorrizas, ácidos húmicos y aminoácidos respectivamente.

En el manejo del productor se realizaron 2 aplicaciones edáficas y foliares una al inicio y la segunda después de 3 meses del inicio de fructificación; y en el alternativo 5 edáficas y 10 foliares, aplicadas desde el inicio de fructificación durante 5 meses en las dos variedades de estudio.

5.3. Manejo del ensayo

- Se delimitó el ensayo por cada variedad, según el diseño experimental establecido (DCA), señalando con etiquetas las plantas, ramas, frutos respectivamente.
- Previamente se realizó un análisis de suelo, en el cual no se observó deficiencia de macro y micronutrientes, al contrario, se observó cantidades altas de micronutrientes como el Cu y Mn, por lo que no fue necesario hacer correcciones al suelo, además los suelos donde se encontraban las variedades de estudio presentaron pH neutros evitando con ello problemas de asimilación de nutrientes lo que conlleva a tener un suelo con buenas características físicas y químicas para el cultivo de café (Anexo 3)
- En el manejo del productor (Testigo), se aplicó 3 kg de micorrizas (100mil esporas/lb), 0,26 kg de N; 0,57 kg de P y 0,8 kg de K, cada 3 meses a partir del inicio de la fructificación. Se realizaron 2 aplicaciones tanto edáficas como foliares durante el ensayo, calculado para las 120 plantas de estudio y distribuidas para cada tratamiento correspondiente. Los nombres comerciales de fertilizantes que el agricultor aplicó fueron: Orgevit, Agasol, Microponic y K fol. En la tabla 2 se detalla la cantidad de nutrientes aplicada en kg/ha y ml/ha por cada manejo.
- En el manejo "Alternativo" se aplicó 9 kg de micorrizas (100mil esporas/lb), 9 kg de ácidos húmicos, 0,72 kg de N; 1,3 kg de P; 1,8 kg de K; 0,22 kg de Ca; 1,9 kg de S; 0,03 kg de Zn y 450 ml de aminoácidos (estas dosis fueron calculadas para las 120 plantas de estudio, distribuidas en 5 aplicaciones edáficas mensual y 9 foliares cada 15 días, para cada tratamiento correspondiente), se realizaron durante cinco meses después de la floración. (Cronograma de aplicación y nombres de fertilizantes Anexo 4)
- Se realizó control de arvenses, plagas y enfermedades periódicamente según la incidencia en el cultivo.
- En los últimos meses por ausencia de lluvia se aplicó riego por aspersión instalado en la finca.
- Para la cosecha se realizó de forma empírica tomando en cuenta el color del fruto cereza, se recolectó manualmente ubicando en baldes respectivamente.

5.4. Metodología para el primer objetivo

- **Objetivo:** Evaluar el efecto de las estrategias de nutrición, en la fenología de la etapa reproductiva de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó la medición de las siguientes variables.

Variables vegetativas

- **Altura de planta (cm):** para esta variable se midió en cm desde la superficie del suelo hasta el último par de hojas nuevas, se la realizó al inicio y al final del ensayo.
- **Número de ramas primarias, secundarias y terciarias;** se contó el total de ramas primarias desde la parte inferior hasta la superior; y se registró ramas secundarias y terciarias en las plantas que tenían. se la realizó al inicio y al final del ensayo.
- **Número de nudos por ramas:** para esta variable se seleccionó 4 ramas que incluían los cuatro puntos cardinales de la planta y del tercio medio hacia arriba, a las cuales se le conto el total de nudos al inicio y final del ensayo.
- **Frutos por rama:** en las 4 ramas seleccionadas de cada planta señalada por unidad experimental, se contó el total de frutos inicial por rama y al final en el momento de la cosecha.
- **Fenología y crecimiento del fruto:** para esta variable se seleccionó 10 frutos de ramas al azar y planta señaladas por tratamiento, se registró el diámetro ecuatorial y polar, mensualmente hasta el momento de la cosecha, se utilizó un pie de rey. Para la fenología se eligió cuatro ramas en las cuales estaban iniciando la formación de frutos, siendo convenientes para identificar los estados de desarrollo del fruto donde se utilizó la escala BBCH (Anexo 2).
- **Grados Brix del fruto:** de los frutos anteriormente seleccionados en el momento la cosecha intermedia mediante un refractómetro (Sólidos solubles totales del fruto) se registró la lectura °Brix del mucílago del (café cereza) por cada tratamiento y variedad.

5.5. Metodología para el segundo objetivo

Objetivo: Determinar la respuesta de las estrategias de nutrición en el rendimiento de dos variedades de café en Malacatos, cantón Loja.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó la medición de las siguientes variables

Variables productivas

- **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 (3333 plantas/ha), se calculó el rendimiento kg/ha, por tratamiento y variedad respectivamente.

5.6. Análisis estadísticos

Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, se realizó el análisis en el programa estadístico *InfoStat* versión 2020, los datos fueron sometidos a un análisis de supuestos (se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas con el test de Levene), luego se realizó análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de significancia del 5 %, además se realizaron pruebas de comparaciones múltiples mediante el test Tukey al 95% de confianza, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos por cada variable evaluada.

6. Resultados

6.1. Variables vegetativas

6.1.1. Altura de planta (cm)

En el análisis de los datos de incremento de altura de café desde el inicio de fructificación hasta el momento de la cosecha en la variedad 1 (V1: Borboun Sidra) presentó diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) (Tabla 3), donde el tratamiento 2 ($T_2: E_1 + F_1$) manejo alternativo, alcanzó mayor incremento de 19,5 cm con relación al tratamiento 1 ($T_1: E + F$) testigo, el cual incrementó 9,2 cm; la variedad 2 (V2: SL28) no mostró diferencias estadísticas significativas, sin embargo el mayor incremento de altura lo presentó el tratamiento 2 ($T_2: E_1 + F_1$) con 24,2 con respecto al ($T_1: E + F$) con 14,20 cm.

Tabla 3. Altura de la planta de café bajo diferentes estrategias de nutrición en dos variedades

Tratamiento	Borboun Sidra		SL28	
	Altura Final (cm)	Incremento Altura (cm)	Altura Final (cm)	Incremento Altura (cm)
$T_1 (E + F)$	148,4b	9,20 b	162,20 a	14,20 a
$T_2 (E_1 + F_1)$	162,0 a	19,50 a	163,40 a	24,20 a
$T_3 (E_1 + F)$	150,0 ab	15,40 ab	163,80 a	18,60 a
$T_4 (E + F_1)$	165,6 ab	14,20 ab	163,80 a	17,20 a

Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ($p > 0,05$).

6.1.2. Número de ramas primarias, secundarias y terciarias

Los valores de ramas primarias secundarias y terciarias evaluadas en las plantas de café desde el inicio de la fructificación hasta el momento de la cosecha no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variedades (Tabla 4), aunque se observa que en la Borboun Sidra (V1) las plantas con el tratamiento 2 ($T_2: E_1 + F_1$) Manejo alternativo, presentaron medias con valores de 28,75 en ramas primarias, 25,75 secundarias y 2 terciarias; valores mayores con respecto a las plantas con el tratamiento 1 ($T_1: E + F$) Testigo, teniendo 27,8 ramas primarias, 23,4 secundarias y 1,6 terciarias.

Tabla 4. Número de ramas primarias, secundarias y terciarias por cada tratamiento, en dos variedades de café evaluadas en la finca Santa Gertrudis

Tratamiento	R1-Ini	R2-Ini	R3-Ini	R1-Fin	R2-Fin	R3--Fin	R1	R2 Nuevas	R3
Borboun Sidra									
T1 (E+ F)	25,20	20,20	1,00	27,80	23,40	1,60	2,60	3,20	0,60
T2 (E ₁ + F ₁)	25,25	20,20	1,00	28,75	25,75	2,00	3,50	3,25	1,00
T3 (E ₁ +F)	25,40	23,00	0,60	28,60	25,20	1,80	3,20	2,20	1,20
T4 (E+F ₁)	24,80	21,80	1,00	28,20	25,00	1,80	3,40	3,20	0,80
SL28									
T1 (E+ F)	28,17	15,00	0,00	30,80	16,80	0,00	2,63	1,80	0,00
T2 (E ₁ + F ₁)	28,00	19,80	0,00	31,60	22,00	0,00	3,60	2,20	0,00
T3 (E ₁ +F)	27,20	20,00	0,00	30,60	21,00	0,00	3,40	1,00	0,00
T4 (E+F ₁)	27,60	10,20	0,00	30,40	12,20	0,00	2,80	2,00	0,00

No existe diferencia estadística significativa ($p>0,05$)

R1, R2 y R3 indican ramas primarias, secundarias y terciarias; Ini, Fin, Iniciales y finales respectivamente.

Las plantas de la variedad SL28 con el tratamiento 2 (T2:E1 + F1) presentan valores de 31,60 en ramas primarias y 22 secundarias; valores mayores con respecto al tratamiento Testigo (T₁: E+ F), con 30,8 ramas primarias y 16,8 secundarias.

En cuanto a ramas nuevas se observó que la variedad Borboun Sidra con el T2 (E1 + F1) obtuvo 4 primarias, 3 secundarias y 1 terciarias ramas nuevas; con respecto al T1 (testigo) que presenta 2,60 primarias, 3,20 secundarias y 0,60 terciarias ramas nuevas. En la variedad SL28, el T2 (E1 + F1) presentó más ramas nuevas (3,60 primarias y 2,20 secundarias), mientras que el T1 (testigo) presentó menos ramas nuevas con 2,63 primarias, y 1,80 secundarias. La variedad SL28 no mostró ramas terciarias durante el periodo de investigación.

6.1.3. Nudos por rama

No se encontraron diferencias significativas en el número de nudos por ramas, evaluadas al inicio y final del ensayo en ninguna de las variedades evaluadas (Tabla 5). Sin embargo, se observó que en la variedad Borboun Sidra con el tratamiento 2 (T2: E1 + F1): Manejo alternativo, mostró 3,2 nudos nuevos por rama, mayor que las plantas del tratamiento 1 (T1: E+ F) Testigo que obtuvo 1,65 nudos nuevos por rama.

Tabla 5. Número de nudos iniciales y finales por rama, de las plantas de café en dos variedades

Tratamiento	Borboun Sidra			SL28		
	Ini	Fin	Nuevos	Ini	Fin	Nuevos
T1 (E+ F)	7,65	9,3	1,65	7,4	8,6	1,2
T2 (E ₁ + F ₁)	7,80	11	3,2	7,6	10,6	3
T3 (E1+F)	7,95	10,5	2,55	7,3	8,75	1,45
T4 (E+F ₁)	7,55	9,8	2,25	7,85	9,25	1,4

No existe diferencia estadística significativa ($p > 0,05$)

Así mismo en la variedad 2 (V2:SL28) sobresalieron las ramas de las plantas con el tratamiento 2 (T2: E₁ + F₁) con 3 nudos nuevos con respecto a las que se les aplicó el tratamiento 1 (T1: E+ F) que obtuvieron 1,2 nudos nuevos por rama.

6.1.4. Frutos por rama

En la Figura 3, se observa los datos correspondientes al número de frutos por rama evaluados al final del ensayo por tratamiento y variedad: en lo que respecta a la variedad Borboun Sidra no se encuentra diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, se observa que con la aplicación del tratamiento 2 (T₂: E₁ + F₁), manejo alternativo, alcanzó 78,43 frutos por rama, obteniendo 10,28 más con respecto a las del tratamiento 1 (Testigo) que presentó 68,15 frutos por rama.

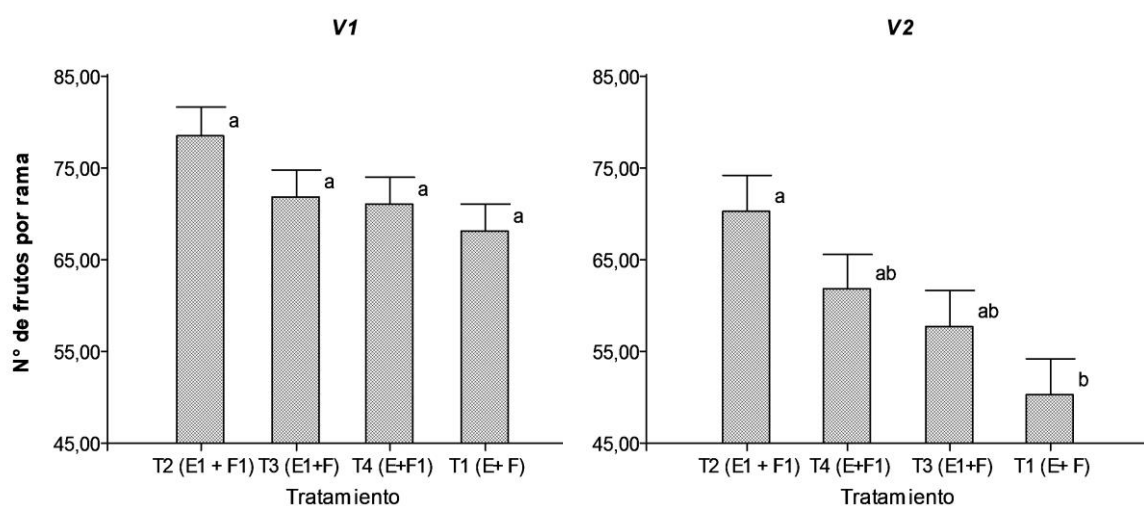


Figura 3. Frutos por rama por variedad: V1:(Borboun Sidra) y V2 (SL28)

Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de tukey ($p > 0,05$)

En cuanto a la variedad 2 (V2:SL28) sí presentó diferencia estadística significativa donde el tratamiento 2 (T₂: manejo alternativo) alcanzó 70,35 frutos por rama, sobresaliendo con 20 frutos por rama con respecto al tratamiento 1 (T₁: E+ F) el cual tuvo 50,3 frutos por rama.

6.1.5. Fenología y crecimiento del fruto

En las dos variedades de estudio se evidenció la fenología de desarrollo del fruto de acuerdo a la escala BBCH, 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 4). El fruto alcanzó su madurez fisiológica y aproximadamente a los 210 después de floración se empezó su cosecha en las dos variedades.



Figura 4. Fenología del fruto de café en la finca Santa Gertrudis, Malacatos, 2021.

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

En la Figura 5 se observa el crecimiento del fruto tomando datos mensualmente del diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP), desde el inicio de su fructificación hasta momento de la cosecha a 240 DDT (Días después del tratamiento), se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

El DE en la variedad Borboun Sidra y SL28, con el tratamiento 2 (T₂:E₁ + F₁) Manejo alternativo presentó valores los más altos (16,6 mm y 17,4 mm) con respecto al tratamiento 1 (T₁: E+ F) Testigo que obtuvo 13,1 mm en las dos variedades.

En cuanto al DP en las dos variedades con el tratamiento 2 (T₂:E₁ + F₁) Manejo alternativo presentó valores mayores, en la variedad Borboun Sidra 17,8 mm y en la SL28 18 mm con respecto al tratamiento 1 (T₁: E+ F) Testigo, que presentó valores más bajos 15,4 mm y 14,3 mm respectivamente.

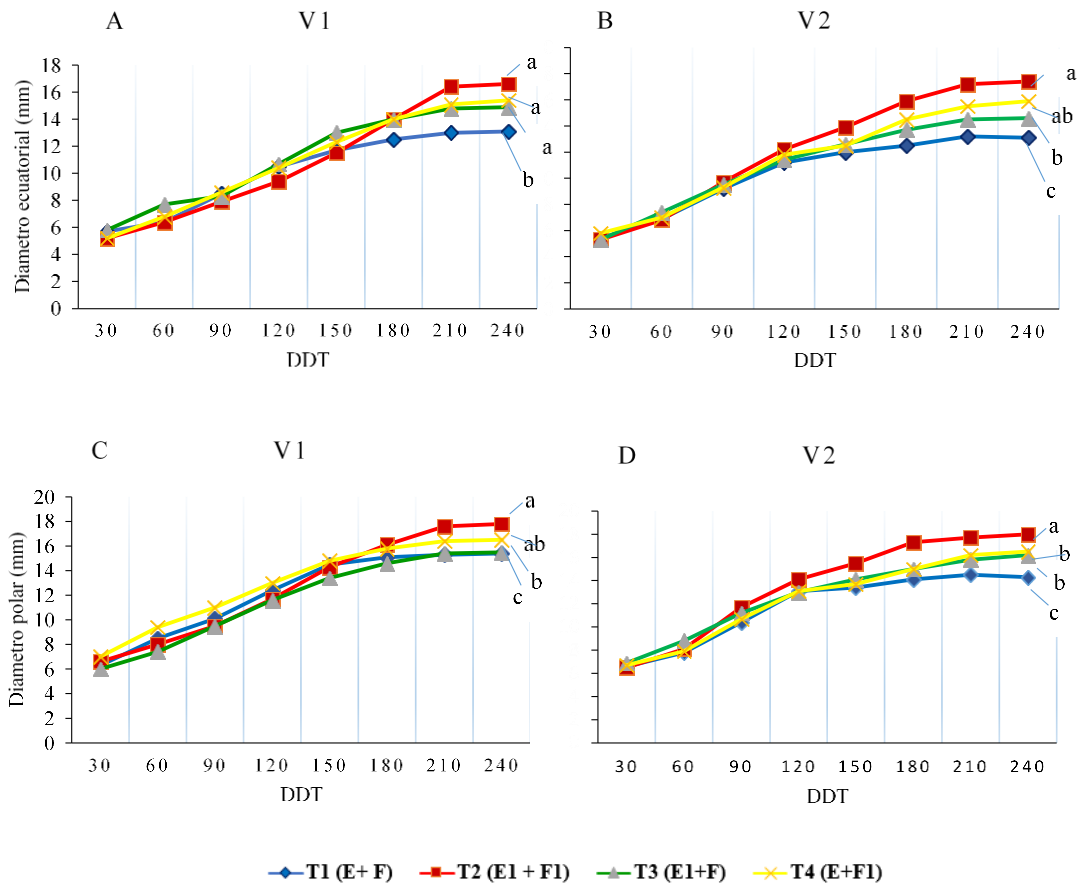


Figura 5. Dinámica de crecimiento de frutos de café bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades V1: Borboun Sidra y V2: SL 82. A) y B) Diámetro ecuatorial; C) y D) Diámetro polar

Letras diferentes expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de tukey ($p > 0,05$)

6.1.6. Grados Brix del fruto

En la Figura 6 se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos aplicados en cuanto a Grados Brix (GB) del fruto de café evaluadas en el momento de la cosecha. En la variedad 1 (V1: Borboun Sidra) el tratamiento 2 ($T_2: E_1 + F_1$) Manejo alternativo, presentó los valores más altos de GB en cereza (19,03 GB), mientras que el tratamiento 1 ($T_1: E + F$) testigo presentó los GB más bajos (15,4 GB).

En la V2 (SL28) el tratamiento que alcanzó valores mayores de GB fue el tratamiento 2 ($T_2:E_1 + F_1$) que obtuvo 19,65 GB, con respecto a los frutos del ($T_1: E+ F$) que presentó los valores más bajos (15,78 GB).

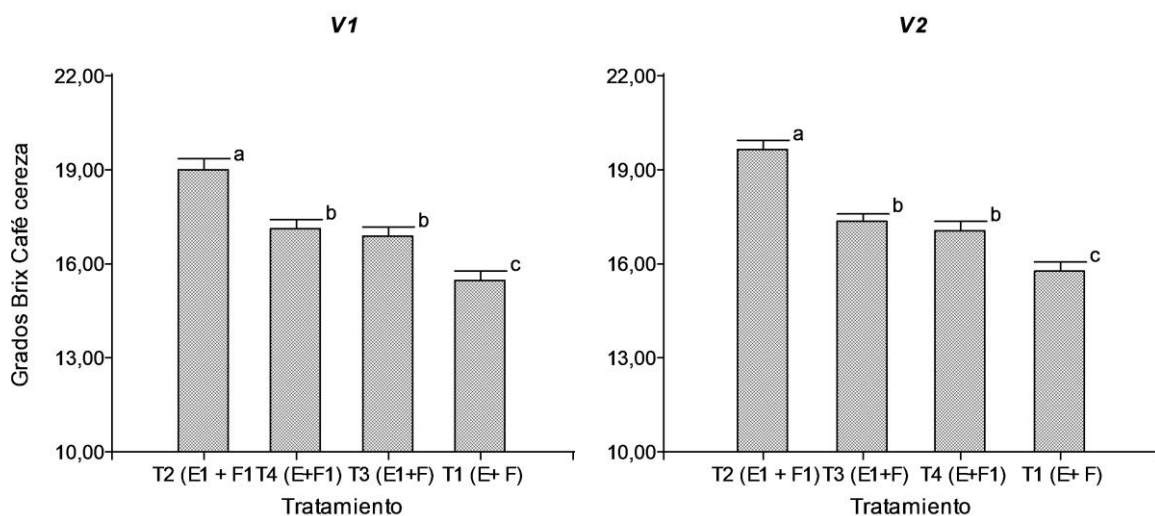


Figura 6. Grados Brix de cerezas de café en dos variedades en la finca Santa Gertrudis. Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa; V1: Borboun Sidra y V2: SL28

Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de tukey ($p>0,05$)

6.2. Variables productivas

6.2.1. Componentes de la producción de café cereza por planta

De acuerdo a los resultados de la producción (kg) de café cereza por planta (Figura 7), evaluadas en el momento de la cosecha para cada variedad, se observa que existe diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos en las dos variedades de estudio, presentando los valores más altos de producción el Tratamiento 2 (Manejo alternativo), mientras que los valores más bajos se observaron en el tratamiento 1 (Testigo).

La V1: (Borboun Sidra) con el tratamiento 2 ($T_2:E_1 + F_1$) Manejo alternativo, alcanzó peso de grano café cereza (PGCC) de 2,41 g/cereza y 1195,8 frutos por planta, con una producción de 2,8 kg/planta, en comparación a los del tratamiento 1 ($T_1: E+ F$) Testigo que presentó 1,76 g PGCC y con 1064,9 frutos por planta, obteniendo 1,8 kg/planta, siendo la más baja.

Así mismo, en la V2 (SL28) el tratamiento que obtuvo valores mayores en esta variable es el ($T_2: E_1 + F_1$) con 2,70 g PGCC y 1067,05 frutos por planta, obteniendo 2,8 kg/planta; en comparación al ($T_1: E+ F$) que con 1,79 g PGCC y 855,7 frutos por planta, alcanzó 1,51 kg de producción café cereza por planta.

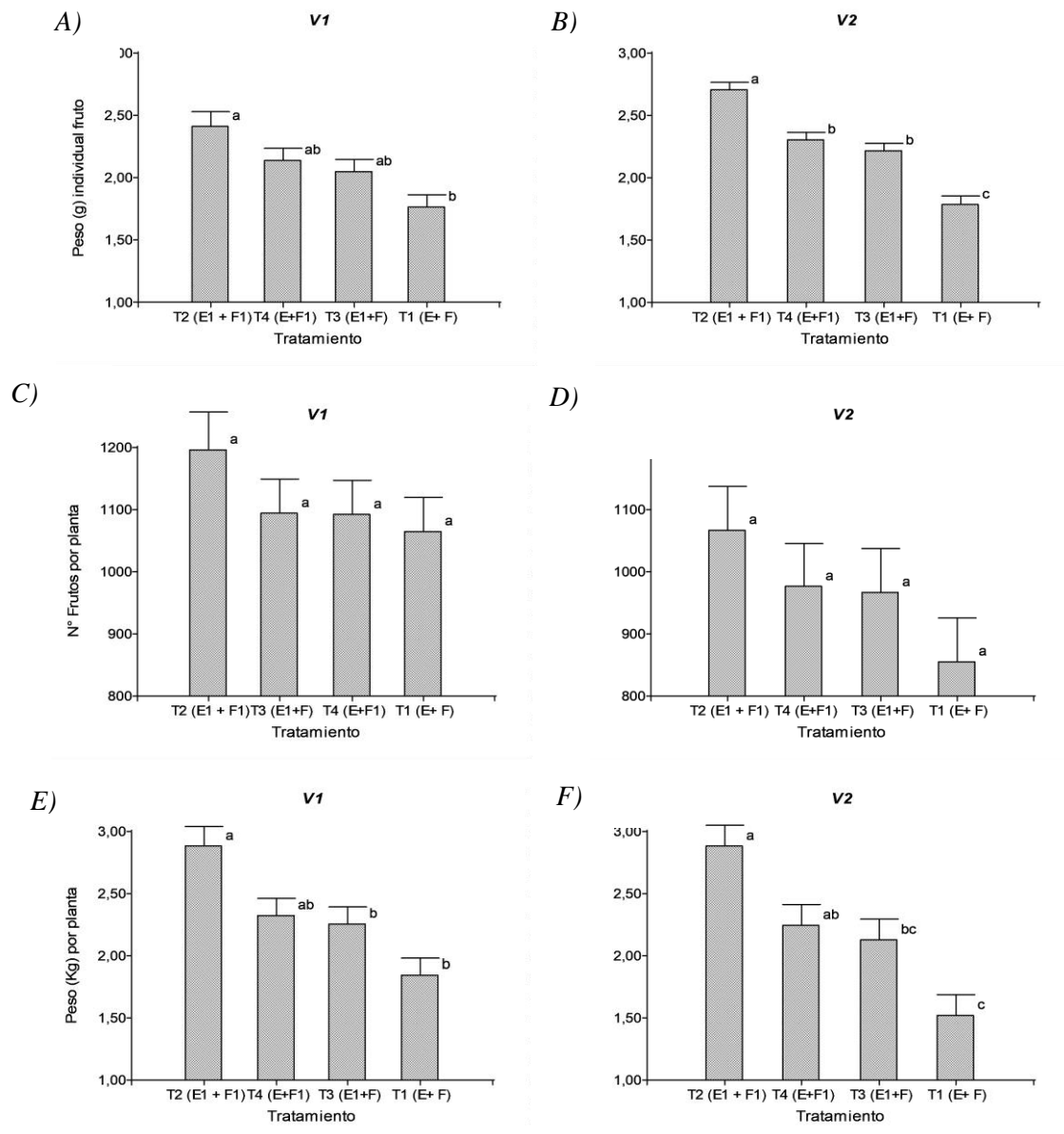


Figura 7. Variables productivas en el café bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades V1: Borboun Sidra y V2: SL 82; A) y B) Peso individual del fruto; C) y D) N° de frutos por planta; E) y F) Producción por planta (kg/planta).

Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de tukey ($p > 0,05$)

6.2.2. Rendimiento café cereza (kg/ha)

En la Figura 8, se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en las dos variedades con respecto al rendimiento de café cereza, destacándose el tratamiento 2 (alternativo) que consiste en aplicaciones edáficas mensuales y foliares cada quince días.

La variedad Borboun Sidra obtuvo 9611.33 kg/ha y la SL28 9609,58 kg/ha, con respecto al tratamiento 1 (testigo) que presentó los valores más bajos 6136,38 kg/ha en la V1 y 5064,06 kg/ha en la V2 respectivamente.

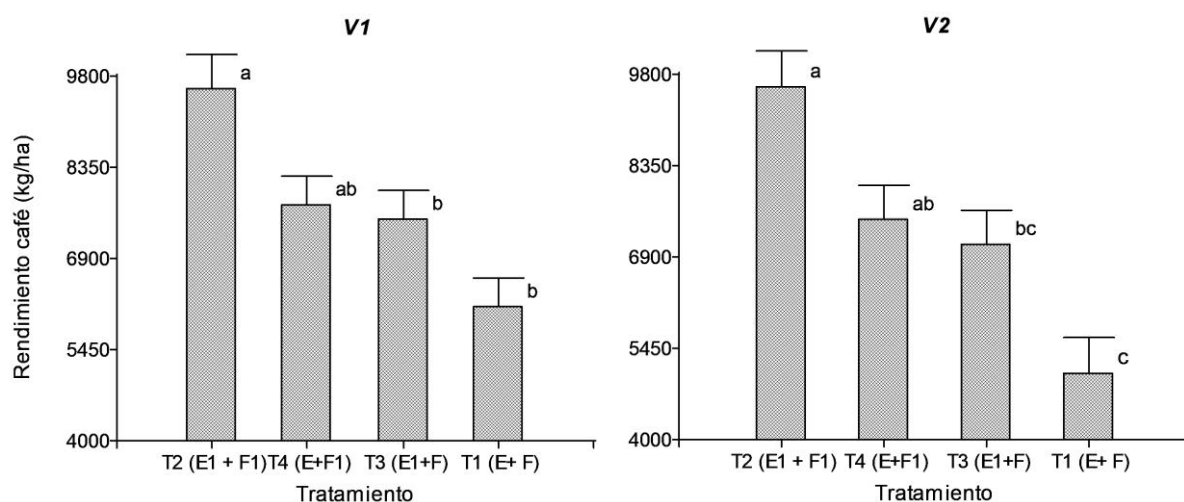


Figura 8. Rendimiento del café en cereza (kg/ha) bajo diferentes estrategias de manejo en las variedades: V1: Borboun Sidra y V2: SL 82 en la finca Santa Gertrudis

Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de tukey ($p > 0,05$)

6.3. Correlación entre variables

Se realizó correlaciones entre variables vegetativas y productivas donde se tomaron como significativas aquellas con valor de *Pearson* $> 0,60$ y un *p-valor* $< 0,05$.

En la Tabla 6 se observa las correlaciones positivas principales de la variedad Sidra Borboun, donde la altura se correlaciona con las variables: ramas terciarias nuevas, nudos nuevos por rama, frutos por rama, grados brix del fruto, producción y rendimiento; la variable ramas primarias nuevas se correlaciona con el diámetro ecuatorial y polar del fruto; la variable nudos nuevos por rama se correlaciona con: frutos por rama, grados brix, producción y rendimiento; los frutos por rama se correlaciona con grados brix del fruto, producción y rendimiento; el diámetro ecuatorial se correlaciona con el diámetro polar; la variable grados brix con producción y rendimiento; y la variable producción kg/planta se correlaciona con el rendimiento kg/ha.

Tabla 6. Correlación entre variables en la variedad Borboun Sidra

Variable (1)	Variable (2)	Pearson	p-valor
Altura (cm)	Nudos nuevos por rama	0,99	0,0063
	Frutos por rama	0,95	0,0492
	° Brix	0,97	0,0273
	Producción kg /planta	0,97	0,0271
	Rendimiento kg/ha	0,97	0,0282
R1- Nuevas	Diam Ecu	0,99	0,0054
	Diam Pol	0,97	0,031
Nudos nuevos por rama	Frutos por rama	0,97	0,0328
	° Brix	0,97	0,0345
	Producción kg /planta	0,97	0,0333
	Rendimiento kg/ha	0,97	0,0347
Frutos por rama	° Brix	0,98	0,0222
	Producción kg /planta	0,98	0,0203
	Rendimiento kg/ha	0,98	0,0209
Diam Ecu	Diam Pol	0,99	0,0107
° Brix	Producción kg /planta	1	<0,0001
	Rendimiento kg/ha	1	<0,0001

En la Tabla 7 se observa las correlaciones positivas principales de la variedad SL28, donde la altura se correlaciona con las variables: grados brix del fruto, producción y rendimiento; la variable nudos nuevos por rama se correlaciona con grados brix; los frutos por rama se correlaciona con el diámetro ecuatorial y polar del fruto, grados brix del fruto, producción y rendimiento; el diámetro ecuatorial se correlaciona con el diámetro polar del fruto, la producción y rendimiento; el diámetro polar con grados brix, producción y rendimiento; la variable grados brix con producción y rendimiento; y la variable producción kg/planta se correlaciona con el rendimiento kg/ha.

Tabla 7. Correlaciones entre variables en la variada SL28

Variable (1)	Variable (2)	Pearson	p-valor
Altura (cm)	° Brix	1	0,0027
	Producción kg /planta	0,96	0,0396
	Rendimiento kg/ha	0,96	0,0391
Nudos nuevos por rama			
Frutos por rama	° Brix	0,95	0,0461
	Diam Ecu	1	0,0047
	Diam Pol	1	0,0007
	° Brix	0,96	0,0447
	Producción kg /planta	0,99	0,0066
	Rendimiento kg/ha	0,99	0,0064
Diam Ecu	Diam Pol	0,99	0,0056
	Producción kg /planta	0,98	0,0223
	Rendimiento kg/ha	0,98	0,0221
Diam Pol	° Brix	0,95	0,0517
	Producción kg /planta	0,99	0,0067
	Rendimiento kg/ha	0,99	0,0066
° Brix	Producción kg /planta	0,97	0,0265
	Rendimiento kg/ha	0,97	0,026

7. Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, el tratamiento 2 denominado manejo alternativo, el cual consistió en fertilización edáfica, con macro y micronutrientes, micorrizas, más fertilización foliar a base de bioestimulantes orgánicos, tuvo un efecto significativo en las variables: altura de planta, número de ramas, número de nudos por rama, crecimiento del fruto, grados brix del fruto, durante la etapa productiva tanto en la variedad Borboun Sidra como en la SL28, en la finca Santa Gertrudis durante el periodo de 8 meses de evaluación.

En lo que respecta a la variable altura, en el presente estudio se obtuvo una altura final de 162 cm en la variedad Borboun Sidra y, la variedad SL28 alcanzó 163,4 cm a los 3 años de edad del cultivo; lo que no concuerda con informes de Arcila (2007), quien menciona que a los 2 años de edad la variedad Borbon alcanzó 237 cm de altura dato superior a los alcanzados en el presente estudio. Además, Leiva y García (2020) indican que las plántulas de café (a partir de la germinación de las semillas hasta los 3 meses) mostraron una mayor altura (11.29 cm) con aplicaciones de fertilizantes con micorrizas (75% de fertilizante y 100% de micorriza) en comparación con los otros tratamientos a diferentes dosis de fertilización y micorrizas. Reportes de Blanco *et al.* (2003) informan que durante evaluaciones de 8 meses en la variedad Catrenic en plena producción en Nicaragua con aplicaciones cada dos meses de la formula completa de 18-5-15-6-0 incrementaron una altura de 41,2 cm valores mayores a los del estudio realizado en la finca Santa Gertrudis donde incrementaron 19,50 cm en la Borboun Sidra y 24,20 cm en la SL28.

De acuerdo a lo mencionado, significa que, una combinación de aplicaciones de micorrizas más bioestimulantes ayudan a incrementar la altura de plantas de café tanto en la etapa vegetativa como en la etapa productiva, aunque en esta última un poco menos; aun así es muy importante porque nos indica el crecimiento ortotrópico de la planta, lo que va a proporcionar nuevas ramas que garantizaran la producción en los próximos años, además de ello la altura depende de la variedad (porte alto, medio y bajo) y las condiciones ambientales de cada región.

A los 210 DDT para el número de rama primarias, secundarias y terciarias no se encontraron diferencias estadísticas significativas durante el periodo de evaluación, pero al final de esta se evidenció que el tratamiento 2 (manejo alternativo) alcanzó más ramas con respecto al tratamiento 1 testigo. León (2021) evaluó el comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42-60 (variedad similar a las de estudio) en etapa productiva utilizando micorriza con dosis de 0,5 g/planta más 25 g urea obteniendo 36,62 ramas primarias valores superiores

a los nuestros. Mientras que, Vallejos (2021) en su estudio con 10 meses de evaluación en campo con aplicación de HMA (Hongos micorrizicos arbusculares) a plantas de café de la variedad caturra obtuvo una media de 14,25 ramas primarias, datos inferiores a los obtenidos en el presente estudio, aceptándose por tanto que el número de ramas en café depende, de la morfología de cada variedad y la edad del cultivo, entre otras condiciones.

Según Unigarro *et al.* (2017), el número de ramas plagiotrópicas experimenta fuertes efectos ambientales debido a la interacción entre genotipo y medio ambiente indicador importante en la productividad del cafeto, puesto que es un indicador de un mayor número de nudos productivos, por tanto, mayor número de ramas. Así mismo Zapata y Jiménez (2017) mencionan que en cada una de las variedades de café arábigo el número de ramas depende de la interacción genotipo ambiente como factor determinante en la productividad.

El número de nudos por rama no presentó diferencias estadísticas, sin embargo con el tratamiento alternativo en la variedad Borboun Sidra se obtuvo 11 y en la SL28 10,6 nudos por rama; valores superiores a los de Abregu (2015), que en su ensayo en plantaciones de café de 8 años de edad variedad Caturra con fertilizaciones edáficas y manejo de podas presentaron 6,75 nudos por rama, resultados similares a los de De La Cruz y Zurita (2021) que con fertilizaciones foliares en la variedad Catimor en producción con la misma edad del cultivo, obtuvieron 7,24 nudos por rama. En las plantas de café, el número de nudos por planta depende del manejo que le dé el agricultor así cafetales que se exponen a cierto porcentaje de sombra con manejo orgánico desarrollan mayor número de nudos mostrando así una tendencia de aumento lineal en producción con respecto a las que no reciben un manejo convencional. Los nudos de las ramas son importantes porque en ellos se originan las flores, cuando las condiciones climáticas son óptimas (Arcila *et al.*, 2007).

En el presente estudio, la evaluación de número de frutos por rama del cultivo Borboun Sidra con 3 años de edad, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que la SL28 si, obteniendo en las dos variedades valores superiores con el tratamiento 2 manejo alternativo con respecto a los demás tratamientos aplicados durante la etapa productiva. Estos datos se relacionan con los de Chacón *et al.* (2021) que con 3 aplicaciones de bioestimulantes en etapa productiva en la variedad Sarchimor (T5296) de 2 años alcanza 75 frutos por rama; mientras que Abregu (2015), indica que con manejo de podas y fertilizaciones edáficas en la variedad Caturra en producción obtuvo 53,83 frutos por rama a los 8 años de edad del cultivo. Por lo que se confirma que, el uso de bioestimulantes influye en el número de frutos por rama en el café, sumándose a ello también que depende de la variedad, condiciones de la región y edad del cultivo.

Los frutos de las variedades estudiadas en la finca Santa Gertrudis presentaron un crecimiento sigmoide alcanzado su madurez fisiológica a los 210 DDT, donde los valores superiores de tamaño del fruto se mostraron con el tratamiento 2 manejo alternativo con respecto a los demás tratamientos aplicados. En la Borboun Sidra tuvo 16,6 mm de diámetro ecuatorial (DE) y 17,8 mm de diámetro polar (DP); y en la SL28 17,4 mm de y 18 mm de DP. Datos similares reportan Melo y Piñeros (2015) que con fertilizaciones a base de nitrógeno alcanzaron un tamaño de 18,06 mm y con boro 18,33 mm en la variedad Castilla con 3 años de edad; mientras que Montilla *et al.*, (2008) en su ensayo solo con manejo de sombra y labores culturales por parte del agricultor obtuvieron frutos de 14,93 mm en la variedad Colombia. Medina *et al.*, (2020) reporta que la variedad Borbon rojo con 25 años de edad presenta un tamaño de 16 mm y menciona que las características físicas de tamaño en las variedades se ven afectadas por el factor altitud. Por lo cual también es importante mencionar que la disponibilidad de nutrientes en el desarrollo del fruto juega un papel importante, para alcanzar mayor tamaño del fruto café.

Los grados brix (GB) se determinó mediante la pulpa del fruto de café maduro en el momento de la cosecha, el cual mostró diferencias significativas entre tratamientos, donde la variedad 'Borboun Sidra' presentó 19,03 y en la 'SL28' 19,65 con el tratamiento 2 manejo alternativo; mientras que con el tratamiento 1 testigo dichas variedades mostraron 15,45 y 15,78 GB respectivamente. Resultados similares reportan Chacón *et al.* (2021) que con el uso de bioestimulantes con 2 aplicaciones en etapa productiva (2 años de edad) en la variedad 'Sarchimor' mostró 16,50 GB en fruto cereza. De la misma manera Jiménez (2021) con fertilizaciones en la fase de producción en la variedad 'Criollo Típica' con aplicaciones edáficas del fertilizante complejo (Yaramila Complex) consiguió 19,19 GB y con aplicaciones foliares de Seaweed Extract (extracto de algas) 18,56 GB. Mencionando que estos valores se debieron posiblemente, a el contenido de potasio en los fertilizantes aplicados, ya que mientras más alto sea la presencia de este elemento, aumenta el contenido de azúcares porque, este induce un aumento de azúcares en el fruto. De acuerdo a Chacón *et al.*, (2021) los GB o porcentaje de concentración de azúcar también depende principalmente de la variedad que se trabaje. El tipo de fertilización como la frecuencia de aplicación, influye en la concentración de azúcares del fruto de café, así como el grado de maduración del fruto al ser cosechado que está relacionado directamente con la calidad en taza.

Variables productivas

Los resultados de las variables productivas que se obtuvieron en las 2 variedades en la investigación indicaron diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, alcanzado mayor producción y rendimiento con el manejo alternativo (fertilización edáfica, con macro y micronutrientes, micorrizas, más fertilización foliar a base de Bioestimulantes orgánicos) con una frecuencia de aplicación de 30 y 15 días durante 5 meses después de la floración. En la Borboun Sidra el peso del grano café cereza (PGCC) fue de 2,4 g, la producción por planta 2,8 Kg/planta, obteniendo un rendimiento de 9611.33 kg/ha de café cereza; y en la SL28 el PGCC fue de 2,70 g, con un rendimiento de 2,8 Kg/planta, con un rendimiento de 9609,58 kg/ha de café cereza.

Con respecto a lo anterior, 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 (1,87 g PGCC y un rendimiento de 3793 kg/ha de café cereza). Al igual que Abregu (2015), en plantaciones de café de 8 años de edad, variedad Caturra con fertilizaciones edáficas y manejo de podas obtuvo 1,9 g (PGCC) y producción por planta 0,94 kg/planta de café cereza; con lo que es posible que las plantas responden positivamente al manejo de podas, sin embargo, la fertilización es un factor que está estrechamente relacionada con el rendimiento ya que mediante ésta, se suple los nutrientes necesarios para un buen desarrollo de la planta.

Sobre lo mencionado 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 una producción de 2,3 kg/planta y un rendimiento de 12070 kg/ha de café cereza superando los resultados del presente estudio. Al respecto mencionan que la respuesta del café a la fertilización con A.L.O.F.A foliar y al suelo, se atribuye a que el abono orgánico mineralizado contiene elementos esenciales para el buen desarrollo del cultivo y funciones fisiológicas, adicionalmente menciona que el café responde bien a la asociación con micorrizas.

La fertilización con abonos químicos puede sustituirse total o parcialmente por la fertilización orgánica, sin que se afecte la producción, siempre que se suministren las cantidades adecuadas, hay que tener en cuenta que los rendimientos del café, dependen de la altura de las plantas, del número de ramas/planta, la edad del cultivo, variedad entre otros (Sadeghian, 2016).

En la presente investigación se observó una respuesta en las variables vegetativas y productivas significativa en las dos variedades estudiadas a las micorrizas y a los bioestimulantes, posiblemente debido a la acción de sus componentes como son: compuestos estimulantes biogénicos, potenciadores metabólicos, fortalecedores de plantas, reguladores positivos del crecimiento de las plantas, generadores, acondicionadores de plantas, contrariamente a otros tipos de fertilizantes, que sólo son una fuente de alto contenido de N, lo que permite comprender que, la aplicación frecuente vía foliar y edáfica, posiblemente mejora la respuesta de la planta de café en la etapa de producción.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la fertilización edáfica y foliar aplicadas en la etapa productiva se complementan y cubren las necesidades de nutrición que exige la planta, debido principalmente, al contenido de bioestimulantes, los cuales favorecieron en la fenología de ésta, mejorando sus características como el peso y tamaño final del fruto, mejorando la producción y a su vez el rendimiento de las variedades de estudio.

En las correlaciones del presente estudio se observó que existe relación positiva entre variables, en general se interpreta que al incrementar altura de la planta se logra mayor número de nudos por rama, grados brix y se alcanza mayor producción; esto es de importancia desde el punto de vista de un pronóstico de cosecha. Al respecto Salazar *et al.* (1988), mencionan que el porte de la planta, número de ramas, número de nudos por rama, número de flores y frutos por rama, son las características morfológicas del café que se relacionan con la productividad, lo cual coincide con lo encontrado en este estudio. Con respecto a los grados brix Marín *et al.* (2000) señalan que el contenido de sólidos solubles, incrementa hasta que la cereza alcanza el estado sobremaduro permitiendo de esta forma definir un criterio objetivo que puede ser utilizado para la recolección del café, el grado de maduración del fruto es uno de los factores más influyentes en los indicadores del proceso de beneficio (rendimiento cereza a seco) y en calidad de taza.

También se encontraron relaciones positivas entre el diámetro del fruto y los grados brix en el momento de la cosecha y de acuerdo a Marín *et al.* (2007) las variables que determinan diferencias entre cada estado de maduración en el fruto de café es la firmeza polar, ecuatorial y los sólidos solubles totales ya que durante el proceso de maduración del fruto se producen cambios tanto físicos como químicos que permiten definir el estado de madurez y el momento adecuado para su recolección. Estos cambios permiten el aprovechamiento apropiado de los frutos y así obtener una mejor calidad del café en pergamino, al contrario, si el fruto pasa a estado de sobremaduración en la planta tiende a una acidez y reduce su tamaño por la compresión y rigidez estructural de la pulpa, incluso disminuye la fuerza para desprenderlos con facilidad, afectando a la calidad final.

8. Conclusiones

- Con el tratamiento 2 denominado manejo alternativo, se consiguió un mayor incremento de altura de planta, número de ramas primarias y secundarias, nudos por rama, frutos por rama, tamaño del fruto y grados brix. Además, se observó los estados de desarrollo del fruto 70, 71, 73, 75, 79, 81, 85 y 88 de acuerdo a la escala BBCH alcanzando su madurez fisiológica a los 210 días aproximadamente después de floración.
- Con el tratamiento alternativo se incrementó el rendimiento en un 36% y 47% en Borboun Sidra y en la SL28 respectivamente, con respecto al testigo, por lo tanto, la fertilización edáfica y foliar con mayor frecuencia de aplicaciones a base de micorrizas, ácidos húmicos y bioestimulantes orgánicos tuvo efecto positivo en la fenología (desarrollo del fruto) y rendimiento durante la fase de producción de las variedades estudiadas.

9. Recomendaciones

- Continuar realizando investigaciones enfocadas a implementar buenas prácticas de manejo como es programas de fertilización y nutrición especialmente en la fase de producción, ya que es una etapa crítica de mayor demanda de nutrientes en el cultivo de café, considerando al café uno de los más representativos en la provincia de Loja.
- Replicar y evaluar el efecto de las estrategias de nutrición del presente estudio en otras variedades y en diferentes sectores cafetaleros de la provincia y región, para validar los resultados obtenidos.
- Realizar investigaciones que abarquen todas las fases fenológicas del cultivo en el café con fertilizaciones combinadas (foliar y edáfica).

10. Bibliografía

- Abregu, E. (2015). La Fertilización en Relación a las Alturas de Poda en Plantaciones de Café (*Coffea arabica L.*) en Villa Rica. Chanchamayo - Perú.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia.
- Arcila, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., & Wicke, H. (2001). Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café *Coffea sp.*
- Blanco, M., Hagggar, J., Moraga, P., Madriz, J. d., & Pavón, G. (2003). Morfología del café (*Coffea arabica L.*), en lotes comerciales. Nicaragua. Nicaragua. Agronomía Mesoamericana, 97-103.
- Caamrgo, S., Montaña, N., & De la Rosa, S. M. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. Mexico.
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.*
- Capa, E. (2015). Efecto de la fertilización orgánica y mineral en las propiedades del suelo, la emisión de los principales gases de efecto invernadero y en las diferentes fases fenológicas del cultivo de café (*Coffea arabica L.*). Madrid.
- CENICAFÉ. (2012). Fertilidad Del Suelo Y Nutrición Del Café En Colombia. Caldas-Colombia.
- 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*, 33-40.
- Chemura, A. (2014). Respuesta del crecimiento de las plantas de café (*Coffea arabica L.*) al abono orgánico, fertilizantes inorgánicos y manejo integrado de la fertilidad del suelo bajo diferentes niveles de suministro de agua de riego.
- Chiriboga, M. J. (2019). La producción de café en el Ecuador y su importancia en las exportaciones periodo 2014-2017. Guayaquil.
- COFENAC, C. C. (2013). Situación de Sector Cafetalero Ecuatoriano. Portoviejo-Ecuador.

- De La Cruz, J., & Zurita, A. (2021). Efecto de la fertilización foliar como complemento en el rendimiento y calidad en taza del cultivo de cafeto (*Coffea arabica L.*) Var. Catimor, en la provincia de San Ignacio - Cajamarca. Lambayeque-Perú.
- Díaz, A., Zuárez, C., Días, D., López, Y., Morera, Y., & Lopez, J. (2016). Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica L.*). *Centro Agrícola*, 29-35.
- GAD, L. (2020). Parroquias Rurales. Loja.
- González, H., Sadeghian, S., Jaramillo, & Álvaro. (2014). Épocas recomendables para la fertilización de cafetales. Colombia.
- Jaramillo, A., & Arcila, J. (2009). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Avances Tecnicos CENICAFE*.
- Jiménez, K., Ordóñez, J., & Ochoa, W. (2018). Especialización productiva considerando elementos ambientales: Un análisis de caso para Loja-Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*.
- Jimenez, T. (2021). Fertilización Edáfica y Foliar en el Rendimiento productivo del Café Criollo (*Coffea arabica L.*). Machala-Ecuador.
- Leiva, M., & García, A. (2020). Efecto de tres niveles de fertilización y dos fuentes de micorrizas sobre el desarrollo de (*Coffea arabiga*) en etapa de vivero Murra, Nueva Segovia 2020. Quito.
- León, J., & Acosta, D. (2017). Adaptación de dos variedades de café robusta (*Coffea canephora*) con fuentes diferentes de fertilizantes en el primer año del cultivo. Quito-Ecuador.
- León, M. (2021). Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización. Manabí-Ecuador.
- Llanco, J. (2014). Tipología de manejo agronómico en el crecimeinto, productividad y calidad física de café (*Coffea arabica l. var Catimor*) en el Valle de Santa Cruz, distrito de Río Tambo, provincia de Satipo y región Junín.
- Marín, S. M., Arcila, J., Montoya, E. C., & Oliveros, C. E. (2004). Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café *Coffea arabica L* var Colombia.

- Marín-López, S. M., Arcila-Pulgarín, J., Montoya-Restrepo, E. C., & Oliveros-Tascón, C. E. (2007) Escala de maduración para los frutos del cafeto (*Coffea arabica* L).
- Medina, I., Roldan, E., Quispe, E., Camacho, A., Marmolejo, D., & Marmolejo, K. (2020). Selección, identificación y zonificación de café (*Coffea arabica* L.) por su adaptabilidad, rendimiento, calidad sensorial y resistencia a plagas y enfermedades. *Agroindustrial Science*, 249-257.
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. Costa Rica.
- Melo, R., & Piñeros, R. (2015). Evaluación de la fertilización edáfica en café (*Coffea arabica* L.) mediante el análisis sensorial y características físicas bajo diferentes alturas en Fusagasuga-Cundinamarca.
- Meza, M. (2019). Factores que inciden en las características físicas y organolépticas del café fuera de grado comparada al café especial. Perú.
- Montes, C., & Flórez, A. (2019). Efecto de la fertilización con abono orgánico (ALOFA) en plantas de café (*Coffea arabica*). *Scientia et technica*, 340-348.
- Montes, S., Echverria, M., & Manosalva, A. (2015). Caracterización preliminar de genotipos de café. Imbabura-Ecuador.
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E., Puerta, G., Oliveros, C., & Cadena, G. (2008). Caracterización de Algunas Propiedades Físicas y factores de Conversión del Café Durante el Proceso de Beneficio Húmedo Tradicional.
- Naranjo, D. (2018). Efectos De Los Elementos Menores Sobre La Productividad Del Café (*Coffea arabica* L.) En La Zona Cafetera Colombiana. Colombia.
- Ramirez, V. H. (2013). *Ramirez, V; Jaramillo, A; Arcilla, J.* Colombia.
- Rivillas, C., Calle, C., & Angel, C. (2019). *Micorrizas Arbusculares*. CENICAFE.
- Romero, J., & Camilo, J. (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. Republica Dominicana.
- Sadeghian, K. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Boletín técnico.
- Sadeghian, K. (2016). La acidez del suelo una limitante común para el cultivo de café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná (Caldas). *Avances técnicos Cenicafé*, 12.

- Sadeghian, S., & González, H. (2012). Alternativas Generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción.
- Salazar, N., Orosco, F., & Clavijo, J. (1988). Características morfológicas productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra.
- Torres, J. (2018). Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plantones de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor, bajo condiciones de vivero distrito de Shunté, provincia de Tocache. Tarapoto-Perú.
- Unigarro, C., Medina, R., & Flores, C. (2017). Relación entre Producción y Características Fenotípicas en *Coffea arabica* L.
- Valverde, L., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchan, W., & Ortega, G. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 18-28.
- Vallejos Torres, G. (2021). Efectos de la inoculación de micorrizas arbusculares sobre la tolerancia a roya en clones de café (*Coffea arabica* L.) Var. caturra y pache en Moyobamba, Perú.
- Zapata, O., & Jiménez, J. (2016). Evaluación agromorfológica de dos variedades de café arábica (*Coffea arabica* L.) en tres localidades del cantón caluma, provincia bolívar, Ecuador. *avances. Revista de Investigación Talentos*, 3(2), 43-50.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas del manejo y desarrollo del estudio



Figura 1. Etiquetado de las plantas para evaluación



Figura 2. Toma de datos iniciales



Figura 3. Fertilizantes edáficos y foliares



Figura 4. Preparación para aplicaciones foliares



Figura 5. Toma de datos mensual en la variable crecimiento del fruto



Figura 6. Inspección del cultivo en acompañamiento de la directora de tesis



Figura 7. Cosecha del café



Figura 8. Pesado del café en cereza



Figura 9. Medición de diámetro ecuatorial y polar del fruto



Figura 10. Lectura de Grados brix del fruto de café

Zoom Reunión Usted está viendo la pantalla de María Álvarez Opciones de vista

RESULTADOS

• Número de nudos por rama

Tabla 4 Nudos iniciales y finales por rama, de las plantas de café en dos variedades

Tratamiento	BORBOUN SIDRA			SL28		
	Ini	Fin	Nuevos	Ini	Fin	Nuevos
T1 (E+ F)	7,65 a	9,3 a	1,65 a	7,4 a	8,6 a	1,2 a
T2 (E _i + F _i)	7,80 a	11 a	3,2 a	7,6 a	10,6 a	3 a
T3 (E1+F)	7,95 a	10,5 a	2,55 a	7,3 a	8,75 a	1,45 a
T4 (E+F _i)	7,55 a	9,8 a	2,25 a	7,85 a	9,25 a	1,4 a

Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (p>0,05)

Participantes (39)

Buscar un participante

- Aida Delgado (Yo)
- Minian Irene Capa M...
- María Álvarez
- Adrian Israel Chavez Ureña
- AV Alejandro Vaca
- Aina Ordóñez
- ANABEL JACKELINE PATIÑO ZO...
- Angie Torres
- Auliria Correa
- BRYAN GERMAN CELI ALLULIMA
- Cristopher Rafael Jadan Lalangua
- Daila Maribel Guayanay Jaram...
- Damarys Abad
- David Jose Loaiza Veintimilla

Zoom Meeting Controls: Grabando, Cancelar silenciar ahora, Iniciar video, Participantes, Chat, Compartir pantalla, Grabar, Reacciones, Salir

System Tray: Escribe aquí para buscar, 8:00, 14/1/2022

Figura 11. Presentación de resultados obtenidos

Anexo 2. Escala BBCH ampliada aplicada al cultivo de café (Arcila et al., 2001)

Tabla. Estado principal de crecimiento 7 (Desarrollo del fruto)

Estado	Descripción
70	Después de la floración los pétalos se marchitan rápidamente y caen, y se hacen visibles frutos muy pequeños amarillentos
71	Los frutos crecen muy lentamente durante las primero 4 a 8 semanas, estado denominado usualmente “cabeza de alfiler”
73	Comienza un crecimiento rápido y aumenta en volumen durante 10 a 11 semanas, presenta color verde claro, contenido interno líquido y alcanza el 30% de su desarrollo
75	Se observa frutos de un color verde intenso y el contenido de la semilla se solidifica.
79	Alrededor de las 28 semanas después de la floración el fruto es de color verde pálido, ha alcanzado su madurez fisiológica y en breve comenzara su maduración.

Tabla. Estado principal de crecimiento 8 (Maduración del fruto y de la semilla)

Estado	Descripción
81	Aproximadamente a los 200 días después de floración, el fruto comienza a cambiar de color verde a amarillo
85	El color aumenta de intensidad y se observan áreas amarillas y rojas, pero todavía no debe recolectarse
88	El fruto se torna luego a rojo oscuro, comienza a secarse
89	El fruto permanece en el árbol hasta caer. (El proceso de maduración de cereza puede durar entre 28 y42 días)

Anexo 3. Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamientos en la finca Santa Gertrudis



INFORME
AAINF202104631

Revisión: 01
Emisión: 2017-05-11
Pagina: 1 de 5

Lugar de Emisión: Oramas Gonzáles Mz5, SI2 - Durán	Fecha de Emisión: 07/04/2021 12:03:09
--	---------------------------------------

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social: EUROAGRO S.A.	Fecha de Recepción: 23/03/2021 10:37:33
Ruc: 0190159450001	Fecha de Aprobación: 23/03/2021 11:34:58
Dirección: Eloy Abad via a San Joaquin.	Fecha de Pago: 23/03/2021 11:42:36
Ciudad: BABAHOYO	Fecha Inicio de Ensayo: 05/04/2021 09:18:07
Contacto: Victor Patiño Vega/ Carmita Alvarado	Fecha Final de Ensayo: 07/04/2021 11:33:22
Teléfono: 042797944	Fecha de Informe: 07/04/2021 12:02:47
Email: contabilidad@euroagroec.com; secretariacuenca@euroagroec.com	

RESULTADO DE ANALISIS

Sustrato: SUELO		Servicio: Fertilidad Platinum 1										
		Metodo:	AA-POE-002	AA-POE-009	AA-POE-007	AA-POE-001	AA-POE-017	AA-POE-017	AA-POE-007	AA-POE-007	AA-POE-017	AA-POE-007
Código	Identificación De	Parametro:	AcidezExtrac-KCl	B-FosCa	Ca-AcAm	Corg-WB	Cu-DTPA+CaCl2	Fe-DTPA+CaCl2	K-AcAm	Mg-AcAm	Mn-DTPA+CaCl2	Na-AcAm
Interno	Muestra	Unidad:	meq/100g	mg/kg	meq/100g	%p/p	mg/kg	mg/kg	meq/100g	meq/100g	mg/kg	meq/100g
AASUE202101036	V1, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		0,01	1,31	7,44	1,23	8,18	53,94	0,09	2,51	47,46	0,56
AASUE202101037	V2, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		0,01	1,48	6,14	1,09	5,92	38,82	0,10	2,06	42,68	0,89

Sustrato: SUELO		Servicio: Fertilidad Platinum 1										
		Metodo:	AA-POE-010	AA-POE-016	AA-POE-001	AA-POE-009	AA-POE-003	AA-POE-017				
Código	Identificación De	Parametro:	Ntot-KD	P-Olsen	pH-H2O 1:10	S-FosCa	Salinidad-PastSat	Zn-DTPA+CaCl2	MateriaOrganica-WB	CIC-efectivo	PSI	Ca/K
Interno	Muestra	Unidad:	%p/p	mg/kg		mg/kg	mS/cm	mg/kg	%	meq/100g	%	
AASUE202101036	V1, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		0,26	12,04	7,00	15,61	0,48	14,17	2,12	10,61	5,32	83,56
AASUE202101037	V2, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		0,23	11,88	6,98	13,50	0,31	20,61	1,88	9,19	9,66	61,99

Sustrato: SUELO		Servicio: Fertilidad Platinum 1										
		Metodo:										AA-POE-004
Código	Identificación De	Parametro:	Ca/Mg	Mg/K	SatBase	SatAcid	SatK	SatCa	SatMg	SatNa	Relación C:N	ClaseTextural-tacto
Interno	Muestra	Unidad:			%	%	%	%	%	%		
AASUE202101036	V1, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		2,96	28,25	99,94	0,09	0,85	70,12	23,66	5,28	4,73	Franco
AASUE202101037	V2, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café		2,99	20,76	99,88	0,11	1,09	66,81	22,42	9,68	4,74	Franco

Sustrato: SUELO		Servicio: Fertilidad Platinum 1										
		Metodo:										
Código	Identificación De	Parametro:										
Interno	Muestra	Unidad:										
AASUE202101036	V1, Hcda. Sta.Gertrudis, Prop. José Luis Eguiguen, Cult.Café											

Creado por LabSystem

Anexo 4. Cronograma de aplicaciones edáficas y foliares, productos (Manejo alternativo)

APLICACIONES FOLIARES (Manejo alternativo)				
APLICACIÓN	PRODUCTO	DOSIS X 20 LTS	FECHA DE APLICACIÓN	FUNCIÓN
1	DIAMIN BASIC	100 CC	22-ene	FORTALEZIMIENTO DE RAIZ
2	AMINOAGA CAB	50 CC	29-ene	FLORACIÓN
	DIAMIN PLUS	50 CC		
	CROPMAX	50 CC		
3	BIOPROTAN MICROFOLIAR	50 GRS	12-feb	MANTENIMIENTO
	PROTAN N9	50 CC		
4	MICROAGA Z 15	50 GRS	26-feb	LLENADO
	BIOPROTAN 9-0-16	50 GRS		
5	EUROSIL	50 CC	26-feb	MANTENIMIENTO
6	BIPROTAN 9-0-16	50 GRS	12-mar	LLENADO
	PROTAN N9	50 CC		
7	BIOPROTAN MICROFOLIAR	50 GRS	26-mar	MANTENIMIENTO
	MICROAGA Z 15	50 GRS		
8	DIAMIN PLUS	50 CC	09-abr	LLENADO
	BIOPROTAN 9-0-16	50 GRS		
9	BIOPROTAN MICROFOLIAR	50 GRS	23-abr	MANTENIMIENTO
	PROTAN N9	50 CC		
10	BIO PROTAN MICROFOLIAR	50 GRS	07-may	LLENADO
	MICROAGA Z 15	50 GRS		
	BIOPROTAN 9-0-16	50 GRS		

APLICACIONES EDAFICAS (Manejo alternativo)				
APLICACIÓN	PRODUCTO	DOSIS X HECTAREA	FECHA DE APLICACIÓN	FUNCIÓN
1	AGACOMPLEX	50 KG	22-ene	NUTRICIÓN PLANTA
	ORGEVIT	50 KG		
	TERRAVIT	50 KG		
2	AGACOMPLEX	50 KG	22-feb	NUTRICIÓN PLANTA
	ORGEVIT	50 KG		
3	AGACOMPLEX	50 KG	22-mar	NUTRICIÓN PLANTA
	ORGEVIT	50 KG		
	TERRAVIT	50 KG		
4	AGACOMPLEX	50 KG	22-abr	NUTRICIÓN PLANTA
	ORGEVIT	50 KG		
5	AGACOMPLEX	50 KG	22-may	NUTRICIÓN PLANTA
	ORGEVIT	50 KG		

Anexo 5. Carta de compromiso de la empresa EUROAGRO, financiera de insumos agrícolas.



CONVENIO DE INVESTIGACIÓN EUROAGRO S.A - CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Loja, 5 de marzo de 2021

Yo Enrique Vinicio Ruilova Vásquez con CI 0705369056 en calidad de EJECUTIVO DE VENTAS Y DESARROLLO DE PRODUCTOS de la empresa EUROAGRO S.A (*Provincia de Loja- Zamora Chinchipe-Azuay, Morona Santiago y Tena*) certifico el compromiso de apoyo (TÉCNICO-INSUMOS) para la ejecución de proyectos de investigación en los cultivos de: Café, Granadilla, Cacao y Tomate Riñon, a los estudiantes: María Fernanda Alvarez, Aida Elizabeth Delgado, Karina Elizabeth, Campos y Lady Yesenia Sisalima.

Por lo expuesto, se deja constancia a través del presente documento el compromiso de la empresa EUROAGRO S.A con el apoyo de Insumos Agrícolas (Nutrición foliar y Fertilizantes EUROAGRO S.A)- para la ejecución de los diferentes trabajos de investigación

Ing. Vinicio Ruilova V.
EJECUTIVO DE VENTAS Y DESARROLLO DE PRODUCTOS EUROAGRO S.A
Provincia de Loja- Zamora Chinchipe, Azuay, Morona Santiago y Tena