



1859



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Unidad de Educación a Distancia**

**Maestría en Agronegocios Sostenibles**

**Programa Nutricional para mejorar la productividad y calidad del grano de café de exportación en la parroquia Fundochamba cantón Quilanga de la provincia de Loja.**

**Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Magister en Agronegocios Sostenibles**

**AUTOR:**

Ing. Ángel Manuel Loaiza Villavicencio Mg.Sc.

**DIRECTOR:**

Ing. María José Valarezo Ulloa PhD.

Loja – Ecuador

2024



## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Valarezo Ulloa Maria Jose**, director del Trabajo de Titulación denominado **Programa nutricional para mejorar la calidad del grano de café de exportación en la Parroquia Fundochamba Cantón Quilanga de la provincia de Loja**, perteneciente al estudiante **ANGEL MANUEL LOAIZA VILLAVICENCIO**, con cédula de identidad N° **1103444913**. Certifico que luego de haber dirigido el **Trabajo de Titulación** se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Titulación**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Titulación del mencionado estudiante.

Loja, 22 de Diciembre de 2023



Firmado electrónicamente por:  
MARIA JOSE VALAREZO  
ULLOA

F) -----  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**



Certificado TIC/TT.: UNL-2023-001071

## **Autoría**

Yo, **Ángel Manuel Loaiza Villavicencio**, 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 y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí del Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

### **Firma:**

**Cédula de identidad:** 1103444913

**Fecha:** 23 de enero de 2024

**Correo electrónico:** angel.m.loaiza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0983890694

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

Yo, **Ángel Manuel Loaiza Villavicencio**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Programa nutricional para mejorar la productividad y calidad del grano de café de exportación en la parroquia Fundochamba cantón Quilanga de la provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Magíster en Agronegocios Sostenibles**, 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 manera en el Repositorio Institucional.

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

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

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

**Firma:**

**Autor:** Ángel Manuel Loaiza Villavicencio

**Cédula de identidad:** 1103444913

**Dirección:** Hernán Cortés y José Martí esquina. Daniel Álvarez

**Correo electrónico:** angel.m.loaiza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0983890694

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora del Trabajo de Titulación:** Ing. María José Valarezo Ulloa. PhD.

## **Dedicatoria**

Dedico este Trabajo de Titulación, en primer lugar, a Dios y a la Santísima Virgen del Cisne por la salud y sabiduría entregada. A mi esposa Carmen Elisa, a mis hijos Gabriela Stefanía, Samantha Elizabeth y Ángel David por todo el tiempo de apoyo y amor incondicional.

*Ángel Manuel Loaiza Villavicencio*

## **Agradecimiento**

A nuestra Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, al Programa de Posgrado y a la Unidad de Educación a Distancia por la oportunidad que me dieron de cumplir con mi objetivo de estudios a nivel de posgrado en esta maestría.

A nuestro Director del Programa de Maestría en Agronegocios Sostenibles, a todos los Docentes y Tutores de las materias impartidas.

A mi Directora de Trabajo de Titulación por su valioso tiempo y guía durante la realización de esta investigación.

*Ángel Manuel Loaiza Villavicencio*

## Índice de contenidos

<b>Portada.....</b>	<b>i</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>ii</b>
<b>Autoría.....</b>	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>vii</b>
Índice de tablas:.....	viii
Índice de figuras:.....	x
Índice de anexos:.....	xii
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
Abstract.....	3
<b>3. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico.....</b>	<b>7</b>
4.1. Taxonomía del café.....	7
4.2. Origen del café.....	7
4.3. Descripción del café y variedades.....	7
4.4. Mercado mundial.....	8
4.5. Nutrición de las plantas de café.....	11
4.6. Funciones de los nutrientes en la planta.....	14
4.6.1. Absorción de nutrientes por las plantas.....	16
4.6.2. Absorción por etapas fenológicas.....	16
4.6.3. Interacción suelo-planta.....	17
4.6.4. Fertilización balanceada.....	18
4.6.5. Uso de fertilizantes orgánicos y minerales.....	18
4.7. Manejo de la acidez del suelo.....	20
4.7.1. Poder de neutralización (PN).....	22

4.8. Investigaciones en nutrición de café .....	23
<b>5. Metodología .....</b>	<b>26</b>
5.1. Metodología para el primer objetivo .....	26
5.2. Metodología para el segundo objetivo .....	30
5.3. Metodología para el tercer objetivo. ....	30
<b>6. Resultados.....</b>	<b>31</b>
6.1. Localización.....	31
6.2. Información general de la parroquia Fundochamba .....	31
6.3. Resultados para el primer objetivo.....	32
6.3.1. Resultados de la encuesta .....	33
6.3.2. Resultados de los análisis de suelos.....	35
6.4. Resultados para el segundo objetivo .....	44
6.4.1. Análisis de costos del plan nutricional para cultivos de café .....	47
6.5. Resultados para el tercer objetivo .....	48
<b>7. Discusión .....</b>	<b>50</b>
7.1. Análisis de resultados de encuestas.....	50
7.2. Análisis de suelos (apartado) .....	58
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>76</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>78</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>79</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>84</b>

### Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Resumen de la producción mundial de café.....	9
<b>Tabla 2.</b> Recomendaciones de fertilización (sin análisis de suelos).....	12
<b>Tabla 3.</b> Funciones de los macro y micronutrientes minerales en las plantas.....	15
<b>Tabla 4.</b> Formas de absorción de nutrientes .....	16
<b>Tabla 5.</b> Composición y poder de neutralización (PN) de algunos materiales neutralizantes de la acidez en relación con CaCO <sub>3</sub> .....	22

<b>Tabla 6.</b>	Formulario para envío de muestras al laboratorio.....	28
<b>Tabla 7.</b>	Parámetros analizados por el laboratorio de suelos .....	29
<b>Tabla 8.</b>	Factores que afectan la producción potencial de los cultivos .....	32
<b>Tabla 9.</b>	Resultados de las encuestas aplicadas a los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	33
<b>Tabla 10.</b>	Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Typica Mejorada – 2 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja .....	35
<b>Tabla 11.</b>	Resultados de análisis físico de suelos cultivados con café variedad Typica Mejorada – 2 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja .....	36
<b>Tabla 12.</b>	Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Geisha – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	37
<b>Tabla 13.</b>	Resultados de análisis físico de suelos cultivados con café variedad Geisha – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	38
<b>Tabla 14.</b>	Resultados del análisis químico de suelos a sembrar café variedad Geisha en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.	39
<b>Tabla 15.</b>	Resultados del análisis físico de suelos a sembrar café variedad Geisha en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja .....	40
<b>Tabla 16.</b>	Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Catucai – 5 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	41
<b>Tabla 17.</b>	Resultados del análisis físico de suelos cultivados con café variedad Catucai – 5 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	42
<b>Tabla 18.</b>	Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Sidra – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	43
<b>Tabla 19.</b>	Resultados del análisis físico de suelos cultivados con café variedad Sidra – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	44
<b>Tabla 20.</b>	Recomendación básica para café en Colombia .....	45

<b>Tabla 21.</b> Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Typica Mejorada en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	45
<b>Tabla 22.</b> Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Geisha en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	46
<b>Tabla 23.</b> Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Geisha, a sembrar en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	46
<b>Tabla 24.</b> Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Catucai en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	47
<b>Tabla 25.</b> Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Sidra en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	47
<b>Tabla 26.</b> Costos del plan de nutrición .....	48
<b>Tabla 27.</b> Análisis de beneficio/costos .....	48
<b>Tabla 28.</b> Cronograma de capacitación y temáticas a desarrollar para productores de café en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	49
<b>Tabla 29.</b> Interpretación general de los análisis de suelos en café variedad Typica Mejorada de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	59
<b>Tabla 30.</b> Interpretación general de los análisis de suelos en café variedad Geisha de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	61
<b>Tabla 31.</b> Interpretación de los análisis de suelos en café variedad Geisha, a sembrar de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	63
<b>Tabla 32.</b> Interpretación de los análisis generales de suelos en café variedad Catucai 5 años, de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	65
<b>Tabla 33.</b> Interpretación de los análisis generales de suelos en café variedad Sidra de un año, de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	67

### Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Arquitectura de una planta de café variedad Castillo® .....	8
<b>Figura 2.</b> Superficie sembrada y participación por provincia del cultivo de café en Ecuador .....	11
<b>Figura 3.</b> Reducción en la productividad debido a la no fertilización.....	13
<b>Figura 4.</b> La deficiencia o exceso de un solo nutriente será suficiente para limitar el rendimiento.....	14

<b>Figura 5.</b> Curvas de absorción de nutrientes (N, P, K), para café arábigo.....	17
<b>Figura 6.</b> 4 R de la nutrición.....	19
<b>Figura 7.</b> Proceso de fertilización de cafetales.....	20
<b>Figura 8.</b> Síntomas de toxicidad por aluminio en la parte aérea (izquierda) y en las raíces (derecha) de café.....	21
<b>Figura 9.</b> Rendimiento promedio de 3 t/ha/año. Café Arábico, Brasil, plantación de 6 años. .....	25
<b>Figura 10.</b> Selección de lotes de muestreo, según características topográficas .....	26
<b>Figura 11.</b> Extractor de muestras de suelo (Barreno).....	27
<b>Figura 12.</b> Recorrido del lote muestreado en zigzag.....	28
<b>Figura 13.</b> Localización de zona en investigación .....	31
<b>Figura 14.</b> Área de siembra (hectáreas), de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	50
<b>Figura 15.</b> Productividad por hectárea de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	51
<b>Figura 16.</b> Edad del cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja. ....	51
<b>Figura 17.</b> Descripción del suelo de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	52
<b>Figura 18.</b> Características físico - químicas del suelo de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	53
<b>Figura 19.</b> Descripción del clima de la zona de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	53
<b>Figura 20.</b> Fertilización del cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	54
<b>Figura 21.</b> Tipos de fertilizantes utilizados en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	54
<b>Figura 22.</b> Tipos de semillas utilizados en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	55
<b>Figura 23.</b> Variedades de café cultivadas por los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	56
<b>Figura 24.</b> Densidad de siembra utilizada por los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	56

<b>Figura 25.</b> Podas en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	57
<b>Figura 26.</b> Disponibilidad de riego en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	57
<b>Figura 27.</b> Problemas fitosanitarios en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	58
<b>Figura 28.</b> Interpretación del programa de nutrición en café variedad Typica Mejorada de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	69
<b>Figura 29.</b> Interpretación del programa de nutrición en café variedad Geisha de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	70
<b>Figura 30.</b> Interpretación del programa de nutrición en café variedad Geisha, a sembrar de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	71
<b>Figura 31.</b> Interpretación del programa de nutrición en café variedad Catucai de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	73
<b>Figura 32.</b> Interpretación del programa de nutrición en café variedad Sidra de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	74

### Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> La “Ley del mínimo” (Liebig, 1843) explica que el crecimiento de una planta es proporcional a la cantidad del nutriente limitante. El crecimiento (producción) se incrementarán si la cantidad del nutriente limitante es suministrada. ....	84
<b>Anexo 2.</b> Requerimientos agroecológicos para el cultivo de café ( <i>Coffea spp.</i> ) en el Ecuador continental .....	85
<b>Anexo 3.</b> Encuesta a productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.....	86
<b>Anexo 4.</b> Deficiencias de nutrientes en plantas de café .....	88
<b>Anexo 5.</b> Certificado de traducción .....	90

## **1. Título**

**Programa nutricional para mejorar la productividad y calidad del grano de café de exportación en la parroquia Fundochamba cantón Quilanga de la provincia de Loja**

## 2. Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un programa nutricional para café en la zona Fundochamba del cantón Quilanga provincia de Loja, para mejorar la calidad y productividad. La metodología se enfocó en la aplicación de una encuesta aleatoria a los agricultores de la zona, a fin de conocer las condiciones actuales del manejo de las plantaciones, con lo cual se determinó que en la zona de estudio predominan fincas pequeñas con baja productividad, se cultivan diversidad de variedades, la mayoría de los agricultores no tiene acceso a riego, no es una práctica común las podas y los principales problemas fitosanitarios que afectan al cultivo de café son la Broca y la Roya,.

Posteriormente, con base en los resultados del análisis fisicoquímicos de suelos y al requerimiento nutricional según su edad, estado fenológico y densidad de siembra de las variedades que se producen en la finca El Alisal, se elaboró un programa de nutrición técnicamente balanceado y formulado con la metodología de las 4R para lograr beneficios en el rendimiento, que permite una eficiencia económica y sostenibilidad ambiental.

El programa nutricional contempla la aplicación de 1 ton/ha/año de cal dolomita y el uso de fertilizantes minerales de reacción alcalina, para mejorar el pH del suelo que en promedio es de 4,3 así como, aplicaciones de 245kg/año de M.O. para mejorar la CIC (11,78 meq/100cc) y por ende la disponibilidad y absorción de nutrientes. Se plantea trabajar con una relación N:K de 1:1. Así, la propuesta nutricional para las variedades de café: Typica Mejorada- 2 años, que está en prefloración, es de 359 g/planta/año; para Geisha-1 año, en etapa de prefloración, es de 479 g/planta/año; en el caso de Geisha en etapa de trasplante es de 360g/planta/año; para Catucai- 5 años, en prefloración y llenado de grano, la sugerencia es 453 g/planta/año y para la variedad Sidra- 1 año, en estado de prefloración y llenado, se recomienda 456 g/planta/año.

La inversión del programa nutricional es de \$.7.025,00 para alcanzar una productividad de 1ton/ha y una ganancia total de \$. 42.200,00 con una relación beneficio/costo de \$.6,01, lo cual constituye un proyecto rentable y sostenible. Finalmente, se planteó socializar el programa nutricional a los agricultores de café de la zona, en conjunto con la empresa Yara Ecuador, formuladora de nutrición mineral.

**Palabras claves:** nutrición, café, análisis suelos, productividad, calidad.

## **Abstract**

The objective of this research was to develop a nutritional program for coffee in the Fundochamba area of the Quilanga canton, province of Loja, to improve quality and productivity. The methodology focused on the application of a random survey to farmers in the area, in order to know the current conditions of plantation management, with which it was determined that small farms with low productivity predominate in the study area, They cultivate a diversity of varieties, the majority of farmers do not have access to irrigation, pruning is not a common practice and the main phytosanitary problems that affect coffee cultivation are Borca and Rust.

Subsequently, based on the results of the physicochemical analysis of soils and the nutritional requirement according to their age, phenological state and planting density of the varieties produced on the El Alisal farm, a technically balanced nutrition program was developed and formulated with the 4R methodology to achieve performance benefits, which allows for economic efficiency and environmental sustainability.

The nutritional program includes the application of 1 ton/ha/year of dolomite lime and the use of alkaline reaction mineral fertilizers, to improve the pH of the soil, which on average is 4.3, as well as applications of 245kg/year of M.O. to improve the CEC (11.78 meq/100cc) and therefore the availability and absorption of nutrients. It is proposed to work with an N:K ratio of 1:1. Thus, the nutritional proposal for the coffee varieties: Typica Improved - 2 years old, which is in pre-flowering, is 359 g/plant/year; for Geisha-1 year, in the pre-flowering stage, it is 479 g/plant/year; in the case of Geisha in the transplant stage it is 360g/plant/year; for Catucai - 5 years, in pre-flowering and grain filling, the suggestion is 453 g/plant/year and for the Sidra variety - 1 year, in pre-flowering and filling state, 456 g/plant/year is recommended.

The investment of the nutritional program is \$7,025.00 to achieve a productivity of 1 ton/ha and a total profit of \$. 42,200.00 with a benefit/cost ratio of \$.6.01, which constitutes a profitable and sustainable project. Finally, it was proposed to socialize the nutritional program to coffee farmers in the area, in conjunction with the company Yara Ecuador, formulator of mineral nutrition.

**Keywords:** *nutrition, coffee, phenology, soil analysis, productivity, quality.*

### 3. Introducción

La producción mundial de café en 2022/23 aumentó un 0,1 % hasta los 168,2 millones de sacos. A nivel regional la tasa de crecimiento se estancó por las disminuciones del 4,7 % y el 7,2 % en la producción de Asia y Oceanía y de África hasta los 49,84 millones de sacos y los 17,9 millones de sacos, respectivamente, lo que pueden atribuirse a las condiciones meteorológicas adversas que afectan negativamente a los principales productores de estas regiones. Sin embargo, América del Sur, mitigó la caída de producción de estas zonas, con el aumento del 4,8 %. La producción combinada del continente americano fue de 100,5 millones de sacos. Se espera que la producción para el año cafetero 2023/24 se incremente un 5,8 % hasta los 178,0 millones de sacos, con un aumento de la producción de los Arábica hasta los 102,2 millones de sacos y de los Robusta hasta los 75,8 millones de sacos. (Organización Internacional del Café, 2023).

En conformidad con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG (2023), el sector cafetalero, es uno de los rubros más representativos en el área social y económica del Ecuador. A nivel de América del Sur, Ecuador es el cuarto exportador de café, lo que le permite contribuir con el 1.2% al Valor Agregado Bruto (VAB) Agropecuario y con el 0.6 % a las exportaciones no petroleras ecuatorianas. En las actividades productivas participan 51 mil personas, de quienes, el 61 % corresponde a mano de obra familiar.

La producción de café se encuentra en 21 de las 24 provincias del país, concentrándose en: Manabí, Orellana, Sucumbíos y Loja; conformada por unidades de producción agropecuaria con una superficie menor a 5 hectáreas. En 2022, los precios internacionales y locales se mantuvieron estables, mostrando una reducción al final de este. Los principales destinos de las exportaciones de café son: Alemania, Colombia, Rusia y Estados Unidos (MAG, 2023).

Para Anecafé (2017), la importancia del sector cafetalero se manifiesta en el ámbito económico porque genera ingresos y divisas a favor del Estado. En el ámbito social por la creación de plazas de empleo y finalmente, en el ámbito ecológico debido a la protección a distintos agroecosistemas y preservación de flora y fauna.

Ecuador posee una gran capacidad adaptativa como productor de café, convirtiéndose en uno de los pocos países en el mundo que exporta todos los tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta. Los diferentes ecosistemas permiten que los cultivos de café se den a lo largo y ancho del país, en la Costa, Sierra, Amazonía, llegando a cultivarse en las Islas Galápagos (Anecafé, 2017).

A nivel internacional a la provincia de Loja se reconoce como la productora de café de altura de mejor calidad del país, lo que se corrobora al haber ganado durante diez años consecutivos el concurso de Taza Dorada. En la provincia de Loja el café ocupa el 13,5% del área de siembra nacional, con una productividad de 0,25 t/ha principalmente en los cantones Puyango (39%), Chaguarpamba (15%), Olmedo (15%), Quilanga (7%), Espíndola (7%) y los 11 cantones restantes el 17% (Villamagua, 2021).

Muñoz (2022), menciona que la provincia de Loja se ha convertido en referente en el país y por ende el Estado el 27 de mayo de 2019 le otorgó la denominación de origen "*Lojano Café de Origen*". Esto representa una oportunidad para el mercado mundial de café de especialidad y le brinda al productor de este sector una ventaja competitiva.

En la provincia de Loja el cultivo de café ha sido una actividad transmitida por generaciones, en donde los cafetaleros que viven en sus pequeñas fincas han generado una vocación esencialmente familiar para producir café. La familia se encarga del cultivo, la cosecha y postcosecha, garantizando un compromiso especial con el producto que sale de su finca, consolidando poco a poco la cultura del café de calidad que hoy se desarrolla en los diferentes cantones que producen el grano (Sociedad de Hecho Denominación de Origen Café de Loja, Ecuador, 2018).

Sin embargo, hay temas que aún están pendientes por resolver y uno muy importante es la productividad por hectárea para así poder satisfacer la demanda del mercado actual. Considerando lo que expresa Sela (2023), la producción de café puede disminuir en más de 40% cuando no se realiza la fertilización adecuada, para esta labor se deben considerar la fuente correcta de fertilizante mineral, la dosificación con base en análisis de suelos, momento oportuno para la aplicación de fertilizante, entre otros; ya que, cantidades bajas de nutrientes pueden tener consecuencias negativas en los cultivos, como reducción de cosechas; y concentraciones muy altas estresarán a las plantas, obteniéndose también resultados negativos.

Es imprescindible mejorar los conocimientos de los agricultores en las técnicas de manejo nutricional adecuadas y lograr mayores parámetros de calidad en el grano. La existencia de estos factores asociados con la baja productividad de las plantaciones de café, se deben en gran medida al uso de prácticas agronómicas y de cosecha-postcosecha calificadas como inadecuadas (Sociedad de Hecho Denominación de Origen Café de Loja, Ecuador, 2018).

Actualmente, existe una carencia de información sobre la nutrición de café que se adapte a la zona de estudio, es por ello, que surge la necesidad de realizar esta investigación de tipo exploratoria y “desarrollar un plan nutricional para el cultivo de café de exportación” con el propósito de establecer estrategias técnicas que permitan superar las dificultades ocasionadas por múltiples factores, como son: plantas viejas y desnutridas, densidad poblacional inadecuada (baja y alta según la variedad), sombra excesiva, alta incidencia de plagas (Broca y Roya), alto porcentaje de daño por trilla.

Con esta información poder fortalecer los procesos productivos y cumplir los estándares de calidad requeridos por el mercado internacional con miras a aumentar la rentabilidad de los cafetales.

En este marco, los objetivos de la presente investigación son:

### **Objetivo General**

- Desarrollar un programa nutricional para café de especialidad de las variedades Typica Mejorada, Catucai, Geisha y Sidra, en la zona Fundochamba del cantón Quilanga provincia de Loja, para contribuir a mejorar la calidad y productividad por hectárea de café.

### **Objetivos Específicos**

- Conocer sobre las características de los suelos, condiciones climáticas y nutrición aplicada a las plantaciones de café en la zona de estudio.
- Desarrollar un programa de nutrición para café en la finca intervenida.
- Socializar los resultados del programa nutricional mediante la ejecución del plan de capacitación y educación a productores de café de la zona intervenida.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Taxonomía del café

Nombre científico del café: *Coffea*

Familia del café: *Rubiaceae*

Dominio: Eukaryota Reino del café: *Plantae*

División (Filo): *Antofita o Magnoliofita*

Clase: *Magnoliopsida* (Sánchez, 2022).

### 4.2. Origen del café

El árbol del café procede del norte de Etiopía (antes llamada Abisinia), en el oriente de África, aunque otros estudios señalan al Yemen. El café se hizo popular alrededor del siglo XIII como bebida estimulante, posiblemente a raíz de la prohibición islámica contra las bebidas alcohólicas. Durante varios siglos su cultivo fue conservado en secreto; la primera descripción del arbusto data de 1583, por parte del botánico alemán Leonhard Rauwolf (Comité Europeo para la Formación y la Agricultura, 2023).

Poco después, en 1650, se introdujo su cultivo en la India a través de un peregrino de vuelta de La Meca con un puñado de plántulas. Los colonos europeos difundieron la planta en América para proveer a la creciente demanda en Europa (Comité Europeo para la Formación y la Agricultura, 2023).

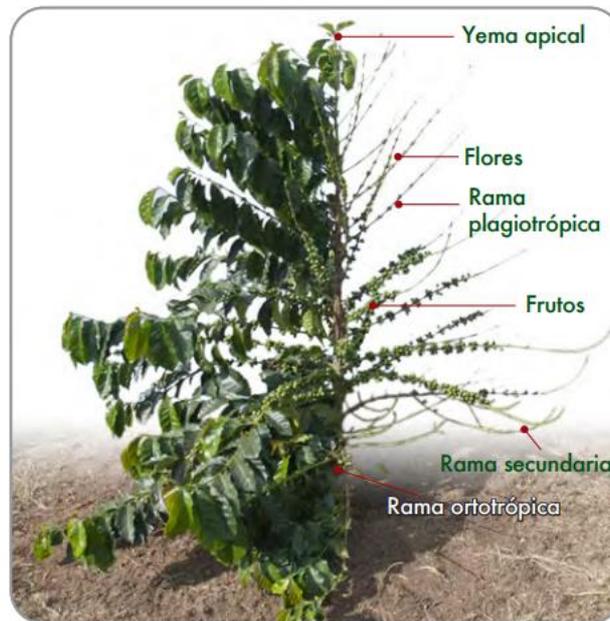
### 4.3. Descripción del café y variedades

Arbusto de entre 1 a 7 metros de altura. Hojas opuestas, brillantes, mayormente oblongas, con los nervios prominentes en ambas caras. Flores blancas y fragantes, en grupos apretados en la axila de las hojas. Ver Figura 1. Fruto carnoso, globoso u ovalado, rojo o amarillo al madurar y que contiene 2 semillas oliváceas (Velasquez, 2019).

Pozo Cañas (2014), indica que existen dos grandes variedades de café, dentro de las cuales hay, a su vez, multitud de subvariedades. La primera es el café Arábica, originario de Etiopía y representa aproximadamente el 75% de la producción mundial de café. Tiene un sabor más delicado y un aroma más refinado, aunque las plantas de café Arábica son más delicadas y difíciles de cultivar.

## Figura 1.

*Arquitectura de una planta de café variedad Castillo®*



*Nota.* El gráfico representa la arquitectura de una planta de café variedad Castillo® con sus respectivas yemas, brotes, ramas (primarias y secundarias), flores y frutos. Tomado de Flores (2013).

Se siembra principalmente en las siguientes regiones del mundo: América: Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Panamá Perú y Venezuela. África: Etiopía, Kenia, Mozambique, Tanzania y Zambia. Asia: India, Indonesia y Yemen. (Pozo Cañas, 2014).

Por su parte, la variedad Robusta representa aproximadamente el 25% de la producción mundial restante. Requiere condiciones menos exigentes de cultivo que el café Arábica, tiene mayor contenido de cafeína, un sabor más fuerte, mayor acidez y da como resultado una bebida más densa. Es un café menos aromático que el Arábica y se utiliza para fabricar casi todos los cafés instantáneos y molidos para cafeteras con filtro. Se cultiva principalmente en las siguientes regiones del mundo: América: Brasil. África: Angola, Camerún, Costa de Marfil y Uganda. Asia: India, Java, Sri Lanka, Sumatra y Vietnam. (Pozo Cañas, 2014).

### 4.4. Mercado mundial

La producción mundial de café en la Tabla 1, muestra un total de 178 millones de sacos de 60 Kilogramos para el año 2023/24, la especie Arábica es la de mayor producción con 102.2

millones de sacos de 60 Kilogramos y la especie Robusta con una producción de 75.8 millones de sacos de 60 Kilogramos, en el mismo periodo (Organización Internacional del Café, 2023).

**Tabla 1.**

*Resumen de la producción mundial de café*

Categorías	Producción de café, millones de sacos de 60 kg					
	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024
<b>Total</b>	<b>169.8</b>	<b>168.4</b>	<b>170.8</b>	<b>168.0</b>	<b>168.2</b>	<b>178.0</b>
<b>Especies</b>						
Arábica	99.5	96.4	100.6	92.3	94.0	102.2
Robusta	70.3	72.0	70.3	75.7	74.2	75.8
<b>Grupos</b>						
Naturales Brasileños	52.8	52.1	56.5	50.1	52.7	59.1
Suaves colombianos	15.4	15.5	14.9	13.1	12.0	14.0
Otros leves	31.3	28.8	29.2	29.1	29.3	29.2
Robustas	70.3	72.0	70.3	75.7	74.2	75.8
<b>Regiones</b>						
África	18.5	18.5	19.2	19.3	17.9	20.1
Caribe, Central América & México	21.3	19.2	19.7	18.9	19.2	18.7
Sur América	81.9	81.1	83.9	77.6	81.3	89.3
Asia & Oceanía	48.1	49.6	48.0	52.2	49.8	49.9
	<b>Tasas de crecimiento interanual</b>					
<b>Total</b>	<b>1.7%</b>	<b>-0.9%</b>	<b>1.4%</b>	<b>-1.7%</b>	<b>0.1%</b>	<b>5.8%</b>
<b>Especies</b>						
Arábica	1.9%	-3.2%	4.3%	-8.2%	1.8%	8.8%
Robusta	1.4%	2.4%	-2.4%	7.7%	-2.0%	2.1%
<b>Grupos</b>						
Naturales Brasileños	3.1%	-1.4%	8.5%	-11.4%	5.2%	12.1%
Suaves colombianos	2.2%	0.2%	-3.9%	-11.8%	-8.5%	16.7%
Otros leves	-0.1%	-7.9%	1.2%	-0.2%	0.7%	-0.5%
Robustas	1.4%	2.4%	-2.4%	7.7%	-2.0%	2.1%
<b>Regiones</b>						
África	6.3%	-0.2%	3.8%	0.6%	-7.2%	12.1%
Caribe, Central América & México	-0.5%	-9.7%	2.5%	-4.3%	1.7%	-2.5%
Sur América	7.2%	-1.1%	3.5%	-7.6%	4.8%	9.8%
Asia & Oceanía	-7.9%	3.2%	-3.3%	8.8%	-4.7%	0.3%
	<b>Porcentaje de categorías (%)</b>					
<b>Especies</b>						
Arábica	58.6%	57.2%	58.9%	55.0%	55.9%	57.4%
Robusta	41.4%	42.8%	41.1%	45.0%	44.1%	42.6%
<b>Grupos</b>						
Naturales Brasileños	31.1%	30.9%	33.1%	29.8%	31.3%	33.2%
Suaves colombianos	9.1%	9.2%	8.7%	7.8%	7.1%	7.9%
Otros leves	18.4%	17.1%	17.1%	17.3%	17.4%	16.4%
Robustas	41.4%	42.8%	41.1%	45.0%	44.1%	42.6%
<b>Regiones</b>						
África	10.9%	11.0%	11.2%	11.5%	10.6%	11.3%
Caribe, Central América & México	12.5%	11.4%	11.5%	11.2%	11.4%	10.5%
Sur América	48.2%	48.1%	49.1%	46.2%	48.3%	50.2%
Asia & Oceanía	28.3%	29.5%	28.1%	31.1%	29.6%	28.0%

*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de Organización Internacional del Café OIC (2023).

La OIC (2023), se refiere a las perspectivas del consumo mundial de café para el año cafetero 2023/24 que se enmarcan en términos generales en el supuesto de que la economía mundial seguirá creciendo por encima del 3,0%, y que la industria responderá a la gran reducción de las existencias, lo que se reflejará positivamente en el consumo aparente. Como resultado, se espera que el consumo mundial de café crezca un 2,2% a 177,0 millones de sacos, siendo los países no productores los que más contribuyen al aumento general. El consumo de café en este grupo de países debería aumentar un 2,1%.

América del Sur, el mayor productor regional de café arábica, aumentó su producción un 2,6% a 57,4 millones de sacos. También es la principal región responsable del crecimiento del 2,0% del café arábica. La participación de los arábicas en la producción total de café aumentó en el año cafetero 2022/23 al 55,9% desde el 55,0% (Organización Internacional del Café, 2023).

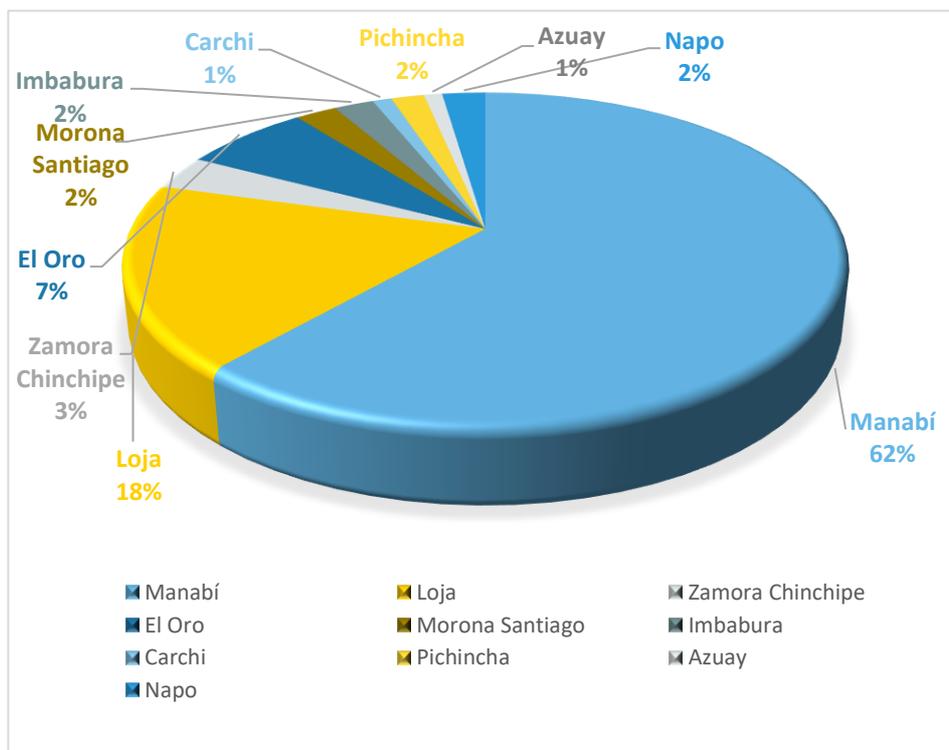
En Ecuador de acuerdo con el MAG (2023), la superficie por hectárea sembrada por agricultor es de 60% menor o igual a 1 ha, 36% de 1,1 a 5 has; y 4% mayor a 5 has.

En cuanto al rendimiento, la producción de la variedad arábica tiene un promedio de 0,5 toneladas/hectárea, mientras que la variedad robusta un promedio de 0,71 toneladas/hectárea (MAG, 2023).

El porcentaje de participación en el cultivo de café por provincia (Figura 2). Manabí alcanza un 62% de presencia, seguido de la provincia de Loja con un 18% de participación, luego la provincia de El Oro con un 7%. Sigue la provincia de Zamora Chinchipe con un 3% de cuota, mientras que las provincias de Imbabura, Pichincha, Napo y Morona Santiago aportan con un 2% en este cultivo. Finalmente, la provincia de Azuay con el 1% de participación (MAG, 2023).

**Figura 2.**

*Superficie sembrada y participación por provincia del cultivo de café en Ecuador*



*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de MAG. (2023).

#### **4.5. Nutrición de las plantas de café**

Las investigaciones en nutrición de café en Colombia de Sadeghian y González (2012), manifiestan que el objetivo de la fertilización es mantener o aumentar la cantidad de materia orgánica y nutrientes minerales en el suelo de manera que las deficiencias o excesos causados por la naturaleza del material parental, el clima y el uso y manejo del suelo se corrijan de acuerdo con las necesidades de los cultivos y el potencial de productividad del sitio. Además, mencionan que al realizar esta práctica se mejora la calidad de los cultivos y se aumenta la resistencia de las plantas a factores de estrés como la aparición de plagas, enfermedades y sequías. Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece esta herramienta, en Colombia son pocos los caficultores que la usan de manera frecuente (menos del 5%). Por lo tanto, se hace necesario implementar alternativas o planes generales para el manejo de la nutrición de los cafetales, de acuerdo con la información existente como: la etapa de desarrollo, la densidad de siembra y el nivel de sombra del cafetal.

De acuerdo con los autores, si no se dispone de resultados del análisis de suelo, los planes de fertilización deben incluir las dosis más altas de cada elemento, con el fin de garantizar los requerimientos que demanda el cultivo. Este procedimiento conlleva a incrementar los riesgos económicos y ambientales. Como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Recomendaciones de fertilización (sin análisis de suelos).*

Recomendaciones sin análisis de suelos	Plan general de fertilización
<b>Opción 1:</b> Urea: DAP:KCl y óxido de Mg, puede seguir el siguiente plan general:	1 a 2 meses después de la siembra: 20 g/planta de una mezcla urea:DAP en proporción 3:2 6 meses después de la siembra: 20 g/planta de urea 10 meses después de la siembra: 40 g/planta de una mezcla urea:DAP: KCl en proporción 3:1,5:1. Aplicar separadamente 2 g/planta de óxido de magnesio 14 meses después de la siembra: 30 g/planta de urea 18 meses después de la siembra: 60 g/planta de la mezcla urea:DAP: KCl en proporción 3:1:1,5. Aplicar separadamente 3 g/planta de óxido de magnesio
<b>Opción 2:</b> Utilizar otra fuente de magnesio, que permita una mezcla con los demás abonos, se podrá hacer uso de kieserita (Sulfato de magnesio) y nitrato de magnesio. En el caso del primero las proporciones de mezcla y las dosis son las siguientes:	10 meses después de la siembra: 50g/planta g de una mezcla urea:DAP:KCl: Kieserita en proporción 3:1,5:1:1, que también equivale a la siguiente relación de valores enteros: 6:3:2:2 18 meses después de la siembra: 70 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl: Kieserita en proporción 2,5:1:1,5:1, equivalente a la relación 5:2:3:2, expresada en valores enteros.
<b>Opción 3:</b> Si se quiere utilizar Nitromag (Nitrato de magnesio) como fuente de magnesio y nitrógeno, las proporciones de mezcla y las dosis son:	10 meses después de la siembra: 55 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl: Nitromag en proporción 1:1,5:1:3, relación que en valores enteros es igual a 2:3:2:6 18 meses después de la siembra: 80 g/planta de una mezcla urea:DAP:KCl: Nitromag en proporción 1:1,5:3,5, relación que en términos de valores enteros equivale a: 2:2:3:7

*Nota.* Tomado de Sadeghian y González. (2012).

Los planes de nutrición para los cafetales pueden definirse según la información disponible. La mejor opción es la creación de planes de manejo personalizados con base en análisis de suelo y que se puedan ajustar según las características de la plantación, la cantidad y distribución de las precipitaciones, precios de fertilizantes, entre otros.

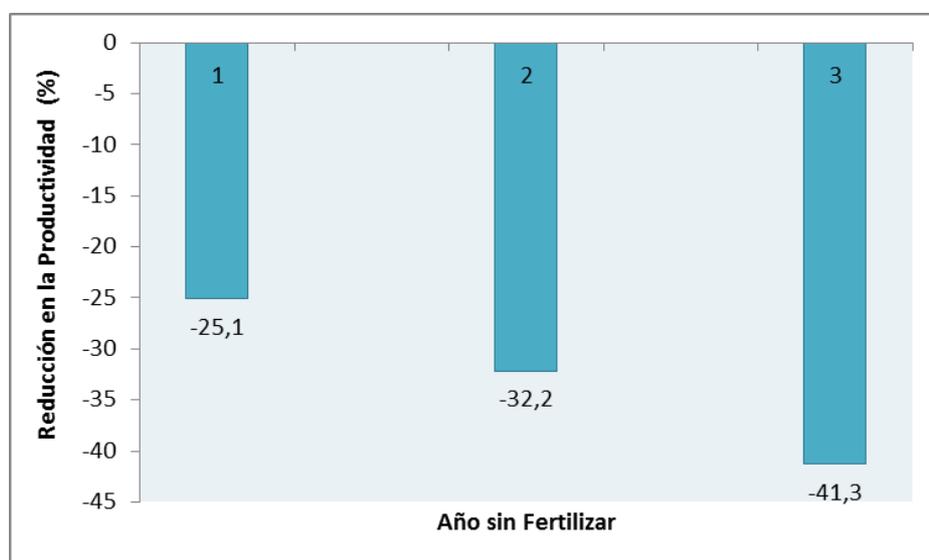
En algunas circunstancias, los registros históricos de suelos regionales pueden ayudar a determinar opciones de gestión para áreas homogéneas. Por otro lado, se deben utilizar planes generales de manejo, si no se dispone de análisis puntuales que puedan usarse para determinar la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Sadeghian y González 2012).

La importancia de un plan nutricional se destaca y marcará una diferenciación en los resultados al final del proceso productivo del café, en cuanto al rendimiento, calidad del grano y puntaje a obtener en tasa.

La disminución en la productividad del grano de café cuando no se realiza una práctica de fertilización se aprecia en la Figura 3. Se observan los valores promedio de cuatro localidades en cafetales en Brasil. En el estudio realizado por Sadeghian (2013), durante tres años y como a medida que transcurre el tiempo se acentúan las bajas de producciones.

**Figura 3.**

*Reducción en la productividad debido a la no fertilización*



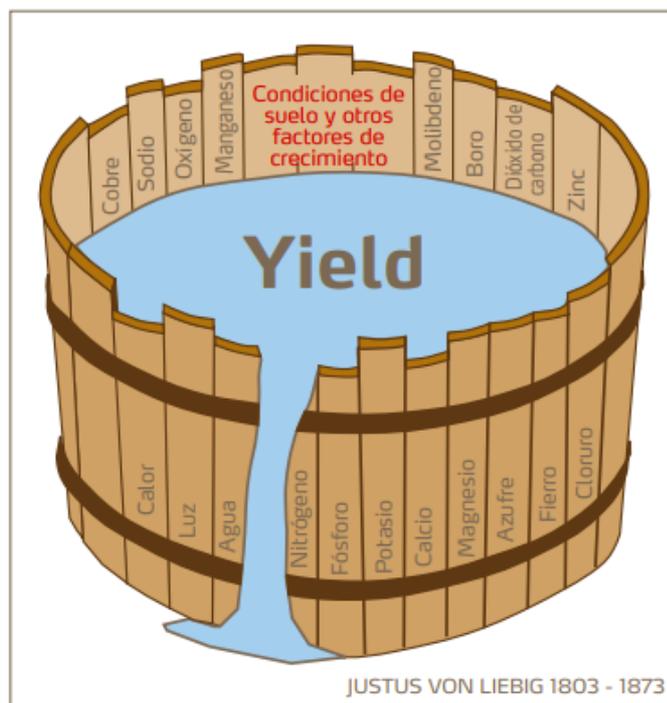
*Nota.* La figura muestra los valores promedio de reducción de productividad de cafetales de cuatro localidades de Brasil durante tres años de estudio. Tomado de Sadeghian (2013).

Según Sela (2023), las plantas de café requieren de una serie de nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo óptimo. Diecisiete elementos son considerados nutrientes esenciales para las plantas, estos son: Carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), denominados macronutrientes, calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y Silicio (Si), llamados micronutrientes. Un programa nutricional se basa en la aplicación adecuada de estos nutrientes para satisfacer las necesidades de las plantas.

Para Yara (2023), los macronutrientes se requieren en cantidades relativamente altas, los nutrientes secundarios en menor cantidad y los micronutrientes en cantidades muy pequeñas. Esto no implica que los micronutrientes sean menos importantes, la deficiencia de uno puede limitar el crecimiento del cultivo en la misma medida que la deficiencia de macronutrientes. En la Figura 4 se muestra la deficiencia o exceso de un solo nutriente será suficiente para limitar el rendimiento. Y en el Anexo 1 se encuentra a “Ley del mínimo” (Liebig, 1843) donde se explica que el crecimiento de una planta es proporcional a la cantidad del nutriente limitante (nutriente en deficiencia o exceso), por lo que todos los nutrientes deben estar en balance.

**Figura 4.**

*La deficiencia o exceso de un solo nutriente será suficiente para limitar el rendimiento.*



*Nota.* La figura muestra que todos los nutrientes deben estar en balance. Tomado de Yara (2023).

#### **4.6. Funciones de los nutrientes en la planta**

Una vez los elementos esenciales ingresan a la planta cumplen tres tipos de funciones: Hacen parte de la estructura de una molécula, forman compuestos orgánicos o son componentes de enzimas o activadores enzimáticos (Sadeghian, 2022). En la Tabla 3 se muestra las funciones de los macro y micronutrientes minerales en las plantas.

**Tabla 3.**

*Funciones de los macro y micronutrientes minerales en las plantas*

Clasificación	Elemento	Funciones en la planta
<b>MACRONUTRIENTES</b>	Nitrógeno	Indispensable para el proceso de fotosíntesis, forma parte de vitaminas, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos y enzimas. Trabaja en la respiración, los procesos de absorción iónica, multiplicación y diferenciación celular. Además, interactúa con otros elementos como P, S y K.
	Fósforo	Imprescindible para los procesos de almacenamiento y transferencia de energía, fijación simbiótica de N atmosférico. Participa en reacciones de compuestos para la fotosíntesis, la división celular y la respiración.
	Potasio	Esencial en procesos fisiológicos como la fotosíntesis y crecimiento meristemático. Funciona como activador enzimático para el metabolismo de proteínas y carbohidratos. Regula la apertura y cierre de estomas manteniendo el balance hídrico en las plantas y ayuda a la resistencia de los tejidos al ataque de patógenos.
	Calcio	Forma parte de las paredes celulares y membranas de las plantas, aportando en su estructura al fortalecer los tejidos vegetales. Interviene en la absorción de iones y división celular. Reduce el estrés generado por metales pesados y salinidad.
	Magnesio	Es el principal componente de la clorofila y es necesario para la formación de proteínas, procesos de respiración, absorción de iones, captación, transporte y almacenamiento de P en la planta, así como la transferencia de energía.
	Azufre	Interviene en los procesos de fotosíntesis, respiración, fijación de N, producción de aminoácidos requeridos para la formación de proteínas y compuestos para la detoxificación de metales pesados.
<b>MICRONUTRIENTES</b>	Hierro	Esencial para la fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila, asimilación de S, fijación biológica y asimilación de N. Además, hace parte de proteínas, enzimas y metabolitos en las plantas.
	Cloro	Necesario para la activación de algunas enzimas, procesos como la fotosíntesis, equilibrio osmótico y la apertura de estomas para el intercambio de gases. Así mismo, participa en el transporte de electrones.
	Manganeso	Importante como activador de varias enzimas, cumple una función en la división de la molécula de agua y el sistema de evolución de O <sub>2</sub> en la fotosíntesis. Involucrado en procesos de fotosíntesis, absorción de iones, respiración, control hormonal, síntesis de proteínas y tolerancia al estrés.
	Boro	Tiene un rol protagónico en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, así como en la síntesis de carbohidratos y la fotosíntesis. Está asociado a la estabilidad de las membranas celulares, a la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico que facilita el proceso de fecundación.
	Zinc	Tiene funciones como componente de algunas enzimas y también como activador de algunas de ellas. Es importante para la síntesis de proteínas y de hormonas relacionadas con el crecimiento de las plantas.
	Cobre	Forma parte y es cofactor de varias enzimas. Participa en la fotosíntesis, respiración, regulación hormonal, fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico por las leguminosas y el incremento de la resistencia de la planta a enfermedades.
	Molibdeno	Es un componente de la enzima nitrogenasa que participa en la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico y nitrato reductasa que cataliza la reducción de los nitratos a nitritos.
	Silicio	El silicio es un elemento útil para las plantas. Sin embargo, no se ha reconocido como un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, principalmente porque no interviene en el metabolismo. Algunos beneficios son: mayor resistencia a plagas y enfermedades, aumento de la fotosíntesis, alivio de la toxicidad por metales pesados, mejor equilibrio de nutrientes, mayor tolerancia a la sequía y las heladas.

*Nota.* Elaborado y actualizado por el autor. Tomado de Sadeghian (2022).

En el Anexo 2, se presenta los requerimientos agroecológicos utilizados en la identificación de las diferentes zonas para el cultivo de café en Ecuador descritos por el Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca MAGAP (2014).

#### 4.6.1. Absorción de nutrientes por las plantas

Sela (2023), afirma que las plantas pueden absorber formas iónicas específicas de los nutrientes, como se describe en la Tabla 4. A este respecto, el nitrógeno es el único que puede ser absorbido como un anión ( $\text{NO}_3^-$ ) o un catión ( $\text{NH}_4^+$ ). Las dos formas de nitrógeno son muy diferentes en el metabolismo de la planta y en su efecto en el entorno del sistema radicular.

**Tabla 4.**

*Formas de absorción de nutrientes*

Nutriente	Forma de absorción por las plantas	Nombre de la forma del nutriente
Nitrógeno (N)	$\text{NO}_3^-$ $\text{NH}_4^+$	Nitrato Amonio
Fósforo (P)	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ $\text{HPO}_4^{2-}$	Dihidrógeno fosfato Fosfato de hidrógeno
Potasio (K)	$\text{K}^+$	Potasio
Calcio (Ca)	$\text{Ca}^{2+}$	Calcio
Magnesio (Mg)	$\text{Mg}^{2+}$	Magnesio
Azufre (S)	$\text{SO}_4^{2-}$	Sulfato
Boro (B)	$\text{H}_3\text{BO}_3$	Ácido bórico
Hierro (Fe)	$\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$	Hierro férrico Hierro ferroso
Manganeso (Mn)	$\text{Mn}^{2+}$	Manganeso
Zinc (Zn)	$\text{Zn}^{2+}$	Zinc
Cobre (Cu)	$\text{Cu}^{2+}$	Ion cúprico
Molibdeno (Mo)	$\text{MoO}_4^{2-}$	Molibdato
Silicio (Si)	$\text{H}_4\text{SiO}_4$	Ácido silícico monomérico

*Nota.* Elaborado y actualizado por el autor. Tomado de Sela (2023).

#### 4.6.2. Absorción por etapas fenológicas

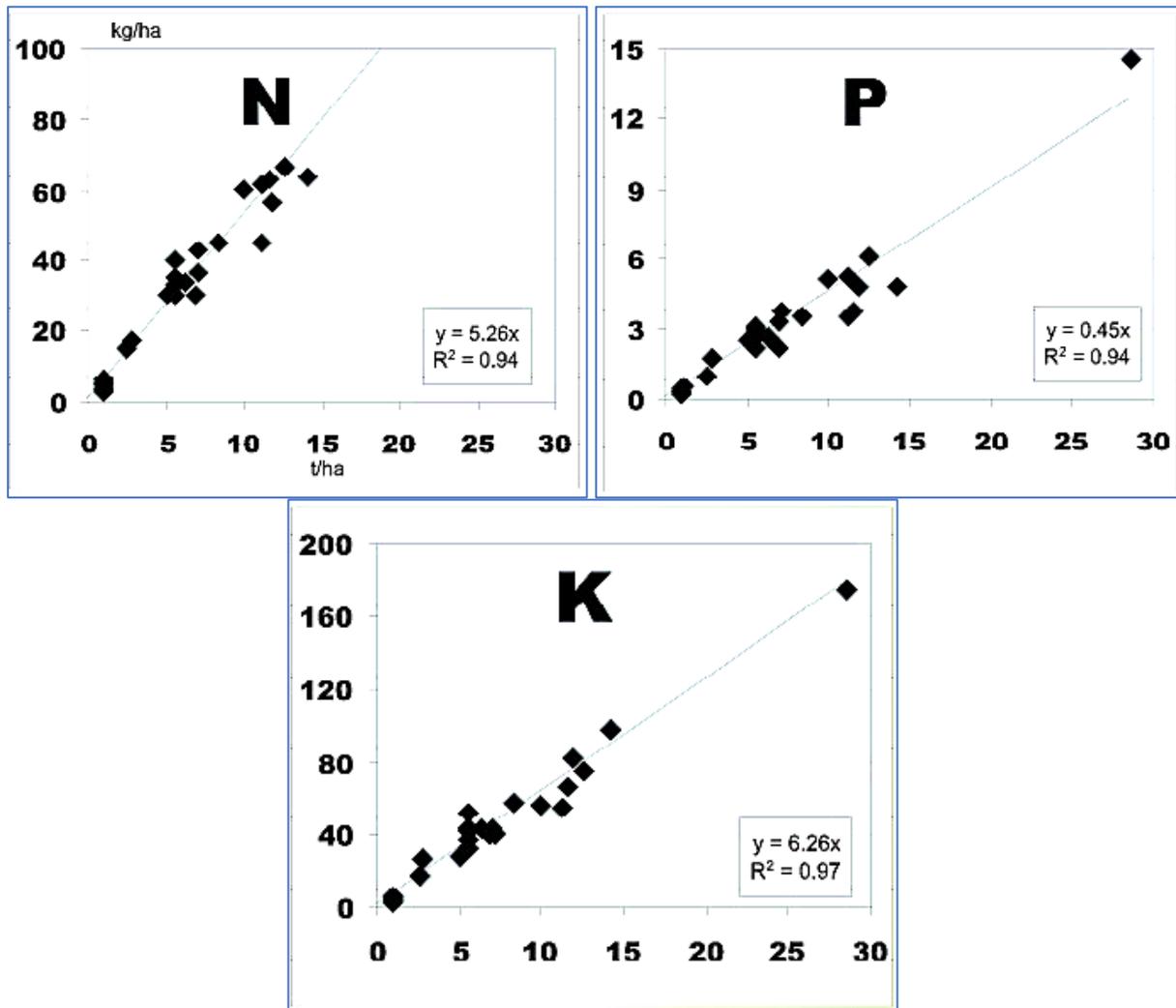
Las plantas de café absorben nutrientes en diferentes proporciones a lo largo de su ciclo de desarrollo (Figura 5). En general, la tasa de absorción es menor al comienzo del ciclo de crecimiento, y esta aumenta durante el desarrollo de la fruta y cae justo antes de la cosecha.

Además, las tasas de absorción de nutrientes individuales varían a lo largo del ciclo de crecimiento. Por ejemplo, las plantas requieren más nitrógeno durante las etapas de

establecimiento y crecimiento vegetativo, mientras que el potasio se requiere en mayores cantidades durante el período de fructificación (Sela, 2023).

**Figura 5.**

*Curvas de absorción de nutrientes (N, P, K), para café arábigo*



*Nota.* La figura muestra la absorción de N, P, K en plantas de café a lo largo de su ciclo de desarrollo Tomado de Bertsch (2009).

#### 4.6.3. Interacción suelo-planta

El suelo tiene muchas propiedades físicas y químicas que afectan directamente el crecimiento vegetal y las necesidades de manejo de los cultivos. Es necesario comprender totalmente la importancia de estos factores y poder evaluarlos, para así actuar en consecuencia (Sela, 2023).

Además, se considera la importancia de la interacción entre el suelo y las plantas para un desarrollo adecuado del cafetal. El tipo de suelo (textura y estructura), su pH, su capacidad de retención de nutrientes y otros factores influyen en la disponibilidad y absorción de los nutrientes por parte de las plantas. El programa nutricional tiene en cuenta estas interacciones para ajustar las dosis y formas de aplicación de los nutrientes (Yara, 2023).

#### **4.6.4. Fertilización balanceada**

La aplicación de una fertilización balanceada proporciona a las plantas los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas. Esto se logra mediante el análisis de suelo y de hojas, que permiten determinar las deficiencias nutricionales y ajustar las dosis de fertilizantes en consecuencia. En el Anexo 5 se muestran imágenes de los síntomas de las deficiencias de nutrientes en las plantas de café (Sadeghian, 2022).

En concordancia con Sela (2023), el análisis de suelo es una herramienta clave en el manejo de fertilizantes. Un uso adecuado del análisis de suelo reduce las conjeturas y ayuda a minimizar la contaminación ambiental. Realizar un análisis del suelo puede ahorrarle al agricultor dinero y aumentar el rendimiento del cultivo.

Mengel y Kirkby (2000), indican que recomendaciones generales de fertilizantes pueden proporcionar una estimación aproximada del tipo y la dosis de fertilizantes que se deben aplicar. Sin embargo, esto a menudo resulta en la aplicación incorrecta de fertilizantes y podría terminar siendo ineficiente y costoso. Sin saber qué nutrientes están disponibles en el suelo, en qué concentración y cuál es su disponibilidad, la aplicación de fertilizantes de esta forma es simplemente una conjetura.

#### **4.6.5. Uso de fertilizantes orgánicos y minerales**

Se considera la utilización de fertilizantes tanto orgánicos como minerales. Los primeros, como el compost o el estiércol, aportan nutrientes de manera gradual y mejoran la estructura del suelo. Los minerales, por su parte, permiten una aplicación más precisa, rápida disponibilidad y absorción de los nutrientes. Un programa nutricional busca encontrar un equilibrio entre ambos tipos de fertilizantes (Mengel & Kirkby, 2000).

Existen apreciaciones necesarias que se deben tomar en cuenta al dar recomendaciones de fertilización. Como: La variedad de planta, el análisis de suelo, la calidad del agua, el análisis

de tejido vegetal, condiciones climáticas, la gestión de riego y más. El objetivo de las recomendaciones es satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo, evitar desperdicio de fertilizantes y evitar la polución (Yara, 2023).

Sela (2023), describe la importancia de aplicar los fertilizantes en la época adecuada y con la frecuencia necesaria. Esto se basa en el ciclo de crecimiento de las plantas de café y en las necesidades nutricionales en cada etapa. Un programa nutricional define las fuentes, dosis, momento y lugar oportunos de aplicación de los fertilizantes para maximizar su eficiencia y minimizar posibles pérdidas.

Para Yara (2023), los 4R de la fertilización detallados en la Figura 6 (fuente, dosis, momento y lugar), se conectan con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), así en cualquier sistema productivo los actores definen los objetivos generales, pero los administradores están mejor equipados para elegir las prácticas.

**Figura 6.**

*4R de la nutrición*



*Nota.* Elaborado y actualizado por el autor. Tomado de Yara (2023).

Como se muestra en la Figura 6, el concepto de Manejo Responsable de Nutrientes bajo los 4R define la fuente y dosis correcta, el momento y el lugar oportunos para la aplicación de

fertilizantes, como aquellos que producen los resultados económicos, sociales y ambientales deseados por todos los actores en el ecosistema de producción (Yara, 2023).

Sela (2023), destaca la importancia de monitorear y evaluar constantemente los resultados del programa nutricional. Esto implica realizar una evaluación de la producción y calidad de cosechas en cada época del año y con base en estos resultados, se pueden realizar ajustes y mejoras al programa nutricional.

La forma más aconsejable de aplicar los fertilizantes es esparciéndolos “al voleo” en la zona de raíces donde cae la huella de las gotas al escurrir la planta, sin quitar la hojarasca como se observa en la Figura 7. Mediante esta práctica de aplicación, se logran los mejores resultados en producción. (Sadeghian, 2018).

**Figura 7.**

*Proceso de fertilización de cafetales*



*Nota.* La figura muestra la forma correcta de aplicación de los nutrientes minerales. Tomado de Sadeghian (2018).

#### **4.7. Manejo de la acidez del suelo**

La acidez tiene influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, las cuales afectan el crecimiento de las raíces y, en consecuencia, la absorción de agua y nutrientes, con efectos negativos en la productividad de los cultivos (Havlin et al., 2017).

En los suelos ácidos las concentraciones de aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{2+}$ ) solubles pueden alcanzar niveles que resultan tóxicos para las plantas; así mismo, se alteran las poblaciones y las actividades de los microorganismos que intervienen en la mineralización de la materia orgánica y la transformación de nitrógeno (N) y azufre (S). La disponibilidad de fósforo (P) se reduce, debido a que forman compuestos insolubles con hierro ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ) y  $\text{Al}^{3+}$ , dejando de estar disponible para las plantas (Havlin et al., 2017).

Acorde a lo que manifiesta Sadeghian (2022), aunque la acidez del suelo ocurre de manera natural, se intensifica con la erosión y las prácticas culturales, particularmente la fertilización inadecuada, disminuyendo de esta manera la fertilidad potencial del suelo. Los principales problemas están asociados con valores bajos del pH, toxicidad causada por  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ , y deficiencias nutricionales, en especial calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y P.

Existen diferentes alternativas para abordar la problemática de la acidez; de ellas, la más común consiste en la adición de enmiendas, particularmente cales, práctica que se conoce como encalado que permite elevar el pH, neutralizar los elementos que generan toxicidad y proporcionar nutrientes como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . La corrección de la acidez a través del empleo de cales propicia el crecimiento radical y hace más eficiente la fertilización; en consecuencia, estas dos prácticas se consideran absolutamente complementarias (Sadeghian, 2022).

Como se muestra en la Figura 8, se tiene que, ante condiciones de acidez ( $\text{pH} = 1,0$ ) se afecta el crecimiento normal de las raíces del café; situación que reduce la absorción de los nutrientes y el desarrollo de la parte aérea de la planta (Sadeghian, 2022).

### **Figura 8.**

*Síntomas de toxicidad por aluminio en la parte aérea (izquierda) y en las raíces (derecha) de café*



*Nota.* La figura muestra la afectación al crecimiento de la raíz de la planta de café en suelos ácidos. Tomado de Sadeghian (2022).

#### 4.7.1. Poder de neutralización (PN)

De acuerdo con Sadeghian (2022), este parámetro, valorado analíticamente en el laboratorio, hace referencia a la capacidad potencial o teórica de un correctivo para neutralizar la acidez de los suelos. El método consta de dos fases, en la primera reacciona una muestra del producto con suficiente ácido clorhídrico y, en la segunda fase, se mide el ácido remanente; posteriormente, por diferencia, se calcula la cantidad del ácido neutralizado por el correctivo.

El PN de una enmienda depende tanto del contenido de neutralizantes presentes como de su naturaleza química. Cada material neutralizante, carbonatos, óxidos e hidróxidos de Ca y Mg, tiene una determinada capacidad de neutralización (Tabla 5), la cual se expresa en relación con la capacidad de  $\text{CaCO}_3$  (cal agrícola), tomado como referente. Por ejemplo, 100 kg de óxido de calcio (CaO), tienen una acción equivalente a 179 kg de  $\text{CaCO}_3$  y 100 kg de dolomita ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) una acción equivalente a 108 kg de  $\text{CaCO}_3$ . (Sadeghian, 2022).

**Tabla 5.**

*Composición y poder de neutralización (PN) de algunos materiales neutralizantes de la acidez en relación con  $\text{CaCO}_3$*

Material neutralizante	Fórmula	Porcentaje de calcio	Porcentaje de magnesio	PN
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$	40		100
Óxido de calcio	CaO	71		179
Hidróxido de calcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54		138
Dolomita	$\text{CaCO}_3$	22	13	108
	$\text{MgCO}_3$			
Carbonato de magnesio	$\text{MgCO}_3$		29	119
Óxido de magnesio	MgO		60	248

*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de Sadeghian (2022).

Todos estos procesos de manejo adecuado de nutrición en el cultivo de café es necesario socializar con los agricultores de la zona de influencia del presente trabajo y justamente está declarado el realizarlo como un objetivo final, durante el transcurso de la investigación con el propósito de enseñar a interpretar un análisis de suelo y luego buscar en conjunto la mejor opción dentro del programa de nutrición para que sea aplicado y finalmente evaluado en la cosecha (Sadeghian, 2022).

#### 4.8. Investigaciones en nutrición de café

El autor Sadeghian (2013), señala que la planta de café al igual que las demás especies vegetales, requiere algunos elementos que se consideran esenciales para su crecimiento y desarrollo. Tres de ellos, provenientes del agua y de la atmósfera (Carbono, hidrógeno y oxígeno), son llamados constituyentes orgánicos y representan cerca del 95% del peso de la planta, mientras que los demás se encuentran principalmente en el suelo y son clasificados como minerales.

Otro autor Jiménez (2021), indica que al comparar los resultados de ambas fertilizaciones en las características agronómicas y en calidad de bebida, cada uno aportó beneficios que elevaron la calidad del café, el tratamiento edáfico se concentró en la mejora de las características productivas, en los atributos del café en taza y en el contenido de fenoles potenciando los aromas y sabores, pero la fertilización foliar al concentrarse en la parte química mejoró los atributos visuales y la actividad antioxidante.

Araque (2019), manifiesta que la segunda variable con mayor aporte a la productividad es la fertilización. La cual tiene una característica destacable, que está relacionada con el hecho de que el productor la puede intervenir de manera inmediata, adoptando las recomendaciones técnicas de fertilización.

Los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, dicha fertilidad se define por los niveles críticos de los elementos que se hallen en él, pero fundamentalmente de las relaciones  $(Ca+Mg) /K$ ;  $Mg/K$ ;  $Ca/Mg$  y  $Ca/K$ . También es importante el porcentaje de arcilla y los tipos de minerales que la constituyen, debido a que en suelos donde predominan caolinita/haloisita se muestra mayor capacidad de fijación de fósforo. La clase de mineral de la arcilla tiene que ver también con la fijación y aprovechamiento del potasio. (Monge, 1999).

De acuerdo con Sadeghian (2017), son catorce los nutrientes minerales que absorben las raíces de las plantas desde el suelo para cumplir sus funciones fisiológicas. De ellos, seis tienen una demanda más alta y se denominan macronutrientes: nitrógeno-N, fósforo-P, potasio-K, calcio-Ca, magnesio-Mg y azufre-S. Los ocho restantes son exigidos en cantidades muy bajas y son referidos como micronutrientes: hierro-Fe, cobre-Cu, manganeso-Mn, boro-B, molibdeno-Mo, zinc-Zn, cloro-Cl y níquel-Ni.

Las cantidades que se aplican de las fórmulas nutricionales seleccionadas deben ajustarse en forma tal que aseguren el suministro de 300 kg/ha de nitrógeno (elemento puro) al año, dosis que, en las condiciones de Costa Rica, mejoran la producción. El uso de fertilizantes está asociado a una serie de aspectos, entre los que destacan: la modalidad del cultivo (al sol o sombra), el sistema de poda, la densidad de siembra, el control de plagas, enfermedades y malezas, etc. La eficiencia en la realización de estas prácticas de cultivo incide directamente en la productividad (Mora, 2008).

En la investigación realizada por el Mera (2022), recomienda realizar análisis de suelo con el fin de conocer la concentración de los micro y macronutrientes que se encuentran disponibles para el buen desarrollo de las plantas. Además, continuar con los planes de fertilización para alcanzar el máximo de beneficio de los cultivos.

La variedad que presentó mejores características en cuanto a la altura de la planta fue el Sarchimor con 66,9 cm, la combinación entre fertilizantes químicos y orgánicos abonos que presentaron una óptima interacción, estuvo conformada por la aplicación de 55 g (Nitrato de amonio + Sulfato de Mg + Cloruro de K +DAP+ Humus), en las cuales se observaron los resultados más relevantes en cuanto a la altura de la planta (Mejía & Palma, 2023).

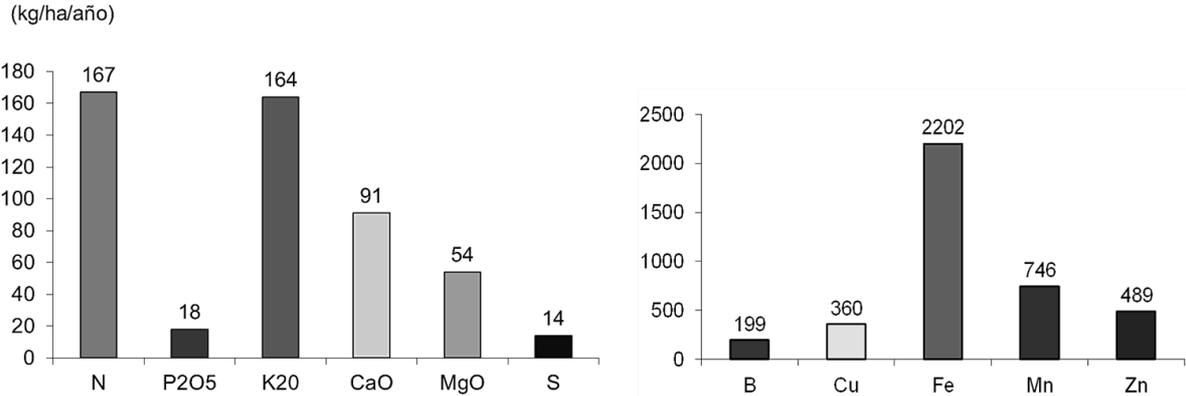
Solano (2017), concluye que la aplicación de fertilizantes minerales, foliares y orgánicos en dosis bajas, a la hora de producir café en vivero causa un impacto beneficioso en las características fenológicas del cultivo, frente a no aplicar ningún tratamiento de fertilización; por lo cual se recomienda realizar un análisis de costos en la aplicación de fertilizantes considerando dosis bajas y planificadas en diferentes periodos de tiempo. Recomienda realizar futuras investigaciones con diferentes programas nutricionales, para analizar cuál es el efecto en la fenología inicial del cultivo de café con variedades diferentes a las evaluadas en este ensayo. Además de realizar un seguimiento después de trasplante definitivo a campo abierto de las plántulas.

Muñoz, et. al. (2022), concluyen que una fertilización enfocada en las necesidades nutricionales del cultivo de café, y el tipo de fertilizante utilizado, promueve al desarrollo de la planta y su mejor adaptación a diferentes pisos agroecológicos y sus condiciones particulares. Es evidente que la variedad Sarchimor respondió favorablemente al tipo de fertilización aplicado tanto en el Centro Experimental Sacha wiwa como en Pucayacu.

En la investigación realizada por Yara (2023), en Brasil establece los requerimientos y cantidades de macronutrientes en kg y micronutrientes en kg/ha/año para café arábico y obtener 3 toneladas/hectárea/año como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9.**

*Rendimiento promedio de 3 ton/ha/año. Café Arábico, Brasil, plantación de 6 años.*



*Nota.* La figura muestra el requerimiento de nutrientes en kg/ha/año para obtener 3 toneladas/ha/año de café arábico. Tomado de Yara (2023).

## 5. Metodología

La metodología para el presente trabajo de investigación se realizó acorde a los tres objetivos específicos planteados.

### 5.1. Metodología para el primer objetivo. *Conocer sobre las características de los suelos, condiciones climáticas y nutrición aplicada a las plantaciones de café en la zona de estudio.*

Para conocer las características de los suelos, condiciones climáticas y nutrición adecuados para las plantaciones de café en la zona de Fundochamba del cantón Quilanga provincia de Loja, se realizó consultas bibliográficas, visitas in situ, encuestas a productores en la zona de influencia (Anexo 3) y toma de muestras para análisis de suelos de la finca en estudio.

La encuesta se enfocó en conocer desde la perspectiva y realidad de los productores de café en la zona en estudio, las actuales condiciones del clima (cantidad, estacionalidad y frecuencia de lluvias), temperatura promedio, humedad, luminosidad, topografía, suelo (profundidad, cantidad de materia orgánica, textura, estructura, porosidad y pH), altitud, vientos, variedades cultivadas, densidad de siembra, calidad de semilla, época de siembra, disponibilidad de agua, nutrición, sanidad y productividades. Además, permitió conocer el área promedio de las fincas dentro de la zona de estudio, la edad de las fincas y si realiza podas en su cultivo.

Las características fisicoquímicas de los suelos de la finca seleccionada se determinaron con los análisis de laboratorio de las muestras tomadas con el siguiente proceso:

- Se zonificó la finca en lotes homogéneos como se observa en la Figura 10, de acuerdo con el tipo de suelo, la topografía, la densidad de siembra, el nivel de sombra, la edad de las plantaciones y las prácticas culturales realizadas.

#### **Figura 10.**

*Selección de lotes de muestreo, según características topográficas*

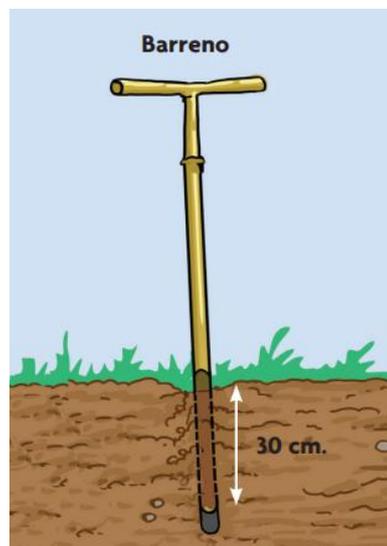


*Nota.* Zonificación de la finca El Alisal para la toma de muestras de suelo. Tomado de Carrillo (1995).

- Las muestras se tomaron de 3 o 4 meses después de la última fertilización para reducir el riesgo de sobrevalorar o subvalorar algunas propiedades del suelo que se afectan temporalmente por las prácticas anteriormente realizadas.
- Se empleó herramientas limpias y adecuadas como el barreno o palín, balde y bolsas plásticas. Para la toma de las submuestras se usó el barreno por ser el instrumento más versátil y el que menos daño ocasiona a las raíces de las plantas como se muestra en la Figura 11. Además, se verificó que la punta del barreno sea de acero inoxidable para evitar que se oxide y contamine la muestra.

**Figura 11.**

*Extractor de muestras de suelo (Barreno)*



*Nota.* La figura toma de muestra de suelo con un barreno. Tomado de Piedra (2015).

- Las submuestras de suelo se tomaron a 20 cm de profundidad, en el plato del árbol, en los lugares donde había una plantación establecida; mientras que, en las áreas de terreno en donde aún no existe un cultivo, las muestras se tomaron en cualquier lugar, teniendo en cuenta las demás recomendaciones.
- Se tomaron submuestras en diez puntos, estas se mezclaron para formar una muestra compuesta no superior a 1,0 kg, la cual se envió al laboratorio. El recorrido por el lote se hizo en forma de zigzag como se muestra en la Figura 12 de tal manera que los puntos de muestreo se distribuyan uniformemente en el área objeto de estudio.

**Figura 12.**

*Recorrido del lote muestreado en zigzag*



*Nota.* La figura presenta los puntos de muestreo del suelo en la finca El Alisal. Tomado de Carrillo (1995).

- Las cinco muestras de suelo se etiquetaron claramente según el formulario de la Tabla 6, previo a su envío al laboratorio.

**Tabla 6.**

*Formulario para envío de muestras al laboratorio*

FORMULARIO ENVÍO DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE SUELOS									
Agricultor:	Leonidas Jaramillo								
Responsable:	Ángel Loaiza								
Laboratorio:	Megalab - Pocklington – Inglaterra								
Fecha:	26/10/2023								
MUESTRA	AGRICULTOR	FINCA	FECHA MUESTREO	CULTIVO	LOTE	PROVINCIA	CIUDAD	TIPO DE ANÁLISIS	GEOREFERENCIACIÓN
1	Leonidas Jaramillo	El Alisal	22/09/2023	Café Arabiga	Typica Mejorada-2años	Loja	Quilanga	Suelos Espectro Total	-4.337809, -79.385709
2	Leonidas Jaramillo	El Alisal	22/09/2023	Café Arabiga	Geisha - 1 Año	Loja	Quilanga	Suelos Espectro Total	-4.337147, -79.385489
3	Leonidas Jaramillo	El Alisal	22/09/2023	Café Arabiga	Geisha - a plantar	Loja	Quilanga	Suelos Espectro Total	-4.336014, -79.385213
4	Leonidas Jaramillo	El Alisal	22/09/2023	Café Arabiga	Batian/Catucai -5años	Loja	Quilanga	Suelos Espectro Total	-4.337514, -79.386964
5	Leonidas Jaramillo	El Alisal	22/09/2023	Café Arabiga	Sidra - 1 año	Loja	Quilanga	Suelos Espectro Total	-4.338168, -79.388123

*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de Yara (2023).

Las características fisicoquímicas del suelo, macronutrientes, micronutrientes, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, entre otros, que se midieron en el laboratorio y fueron analizados se resumen en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Parámetros analizados por el laboratorio de suelos*

<b>Características del suelo</b>	<b>Extractante</b>
pH	KCl
C.E.C. (meq/100g)	
Materia Orgánica (LOI) (%)	Nitrato de Amonio 1M.
<b>Macronutrientes</b>	
Calcio Disponible (meq/100g)	Nitrato de Amonio 1M.
Magnesio Disponible (meq/100g)	Nitrato de Amonio 1M.
Potasio Disponible (meq/100g)	Nitrato de Amonio 1M.
Sodio Disponible (meq/100g)	Nitrato de Amonio 1M.
Fósforo (ppm)	Olsen (sodium hydrogen carbonate)
<b>Secundarios y Micronutrientes</b>	
Azufre (ppm)	Calcium tetrahydrogen diorthophosphate
Boro (ppm)	Agua Caliente
Cobre (ppm)	Sal Disódica de EDTA 0,05M
Hierro (ppm)	Sal Disódica de EDTA 0,05M
Manganeso (ppm)	Acetato de Amonio 1M con Quinol
Zinc (ppm)	Sal Disódica de EDTA 0,05M
N Mineral (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	
Nitratos (mg/kg)	Técnica Analítica - Combustión Dumas
Amonio (mg/kg)	
Mo (ppm)	Reactivo de Tamms
<b>Análisis Físico</b>	
Arena (%)	
Arcilla (%)	
Limo (%)	
Tipo de Suelo	
<b>Propiedades</b>	
Agua Disponible	
Tasa de Drenaje	
Fertilidad Inherente	
Potencial C.E.C.	
Tasa de lixiviación	
Tasa de Calentamiento	

*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de Yara (2023).

### **5.2. Metodología para el segundo objetivo. *Desarrollar un programa de nutrición para café en la finca intervenida.***

El desarrollo de un programa de nutrición para café en la finca “El Alisal” ubicada en la parroquia Fundochamba, se planteó con base en los análisis de suelos, y las distintas etapas fenológicas, precocidad y sanidad vegetal de las variedades de café Typica Mejorada, Geisha, Catucai y Sidra; así como, nivel de sombra y la humedad del suelo.

El programa de nutrición se estableció para facilitar al agricultor, la identificación de las cantidades, fechas, frecuencia y sitio de aplicación de los fertilizantes. Incluye aplicaciones foliares, fertirrigación y/o aplicación de enmiendas al suelo, dependiendo de las necesidades específicas del cultivo.

El programa nutricional contempla un monitoreo permanente del crecimiento de las plantas y la calidad del grano, el análisis periódico del suelo y foliar para detectar posibles deficiencias o excesos de nutrientes y de ser necesario, realizar ajustes que garanticen su efectividad.

### **5.3. Metodología para el tercer objetivo. *Socializar los resultados del programa nutricional mediante la ejecución del plan de capacitación y educación a productores de café de la zona intervenida.***

Para dar cumplimiento al objetivo de socializar los resultados del programa nutricional mediante la ejecución del plan de capacitación y educación a productores de café de la zona intervenida, la variable de medición es cuantitativa, referida al número de personas capacitadas al término de la investigación.

El plan de capacitación y educación a los productores de café incluye enseñarles acerca de la importancia de la nutrición vegetal, a identificar deficiencias nutricionales, aplicación de fertilizantes, técnicas de manejo nutricional adecuadas y realizar un manejo integrado de plagas y enfermedades, con el fin de contribuir a mejorar la productividad y calidad del grano de café de exportación en la zona de estudio.

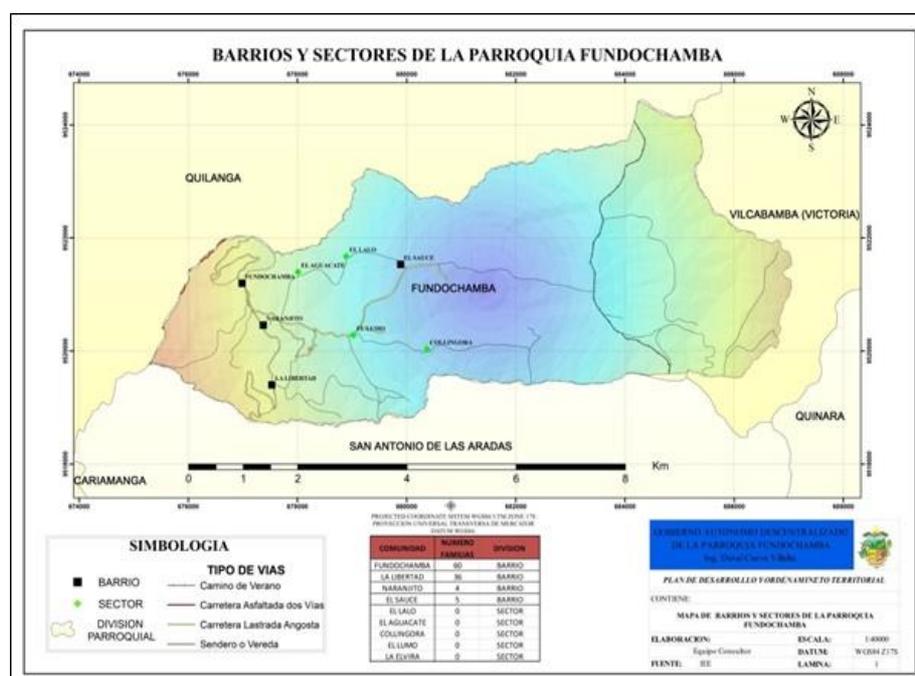
## 6. Resultados

### 6.1. Localización

La investigación se realizó en la finca “El Alisal” ubicada en la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga, provincia de Loja Ecuador, a 79°40'55.5" W y de latitud 4°32'99.8" S con un rango altitudinal de 1350 - 2800 msnm, como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13.**

*Localización de zona en investigación*



*Nota.* La figura muestra un mapa de los barrios y sectores de la parroquia en estudio. Tomado de GAD Fundochamba (2020).

### 6.2. Información general de la parroquia Fundochamba

La fecha de creación de la parroquia fue el 23 de febrero de 1988. Con una población, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Censo de Población y Vivienda 2010), de 353 habitantes que representa el 8,14% de la población cantonal (4337). De los cuales el 46,10% son mujeres y el 53,82% hombres. (GAD Parroquial, 2020).

Tiene una extensión: 39,07 Km<sup>2</sup>., limita al norte con la parroquia urbana Quilanga, con la quebrada Ungananchi o La Elvira, sigue con ésta aguas arriba hasta la confluencia con la quebrada Huayquichuma o Chonta, al sur con la parroquia San Antonio de las Aradas desde la loma Plaza del Inca siguiendo aguas abajo el curso de la quebrada Sural, hasta la quebrada

Quiroz (Libertad), al este con la parroquia Vilcabamba por la quebrada Chonta y quebrada Huatunuma y al oeste por el punto de unión de la quebrada Elvira y la quebrada Quiroz (GAD Parroquial, 2020).

### 6.3. Resultados para el primer objetivo. *Conocer sobre las características de los suelos, condiciones climáticas y nutrición aplicada a las plantaciones de café en la zona de estudio.*

Presenta un clima semicálido, templado cálido y templado frío, con temperatura media anual de 17.0°C. Las precipitaciones anuales varían entre 1000 y 2.000 mm. Los suelos son de tipo CLASE VIII Conservación. Son tierras no aptas para ningún uso agropecuario, sin embargo, mediante el proceso de reconversión de fincas se puede establecer los sistemas agroforestales para conservar la biodiversidad, diversificar la producción, generar un agroecosistema local, proteger las fuentes hídricas de las fincas y recuperar la fertilidad de los suelos para la producción de café de especialidad (GAD Parroquial, 2020).

Los factores edafoclimáticos y de cultivos que intervienen en la producción y calidad del cultivo de café, entre otros son: la temperatura, humedad relativa, luminosidad, relieve, suelo, precipitación, altitud, viento, densidad de siembra, variedad, calidad de la semilla, época de siembra, disponibilidad de agua, nutrición, sanidad y eficiencia de cosecha. (Sadeghian, 2022). En la Tabla 8 se muestra los factores que afectan a la producción de los cultivos de café.

**Tabla 8.**

*Factores que afectan la producción potencial de los cultivos*

Factores climáticos	Factores del suelo	Factores del cultivo
Precipitación	Materia orgánica	Especie y variedad de cultivo
Cantidad	Textura	Calidad de la semilla
Distribución	Estructura	Época de la siembra
Temperatura del aire	Capacidad de intercambio catiónico	Densidad de siembra
Humedad relativa	pH y saturación de bases	Arreglo espacial de plantas
Luz	Pendiente y topografía	Evapotranspiración
Cantidad	Temperatura del suelo	Disponibilidad de agua
Intensidad	Factores de manejo del suelo	Nutrición
Duración	Labranza	Problemas fitosanitarios
Altitud/latitud	Drenaje	Insectos
Viento	Otros	Enfermedades
Velocidad	Profundidad efectiva (zona de raíces)	Arvenses
Distribución	Suministro de nutrientes	Eficiencia de cosecha
Concentración de CO <sub>2</sub>	Elementos tóxicos	Rotación de cultivos

*Nota.* Elaborado por el autor. Tomado de Sadeghian (2022).

El café es una planta rústica que se adapta a condiciones topográficas diversas y requiere un suelo franco arcilloso, franco arenoso o franco limoso, con pH de 5,6 a 6,5. (Morán, 2023).

El suelo debe ser el soporte físico para las raíces y la parte aérea de la planta, pero también debe actuar como el sitio de almacenamiento y suministro de aire, nutrientes y agua que fomenten el crecimiento. Los suelos también son el hogar de miles de organismos distintos. Un puñado de suelo “rico” puede contener miles de millones de estos organismos que desempeñan un papel de apoyo en la descomposición o reciclaje de nutrientes y desechos orgánicos (Yara, 2023).

### 6.3.1. Resultados de la encuesta

La encuesta se aplicó de forma aleatoria a 15 productores en la zona de influencia, para obtener información acerca de las características del suelo, clima, variedades, edad de su plantación, tipo de semilla, densidad de siembra, podas, acceso a riego, área de cultivo, productividad por hectárea, tipos de fertilizantes que utiliza y problemas fitosanitarios, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Resultados de las encuestas aplicadas a los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

Agricultor	¿Cuál es el área de su cultivo?	¿Qué productividad tiene actualmente por hectárea?	¿Cuántos años tiene su finca de café?	¿Cómo describe el suelo en el que siembra su café?	¿Conoce alguna característica físico - química de su suelo?	
Miguel Japón	1 - 2 has	> 10 qq	2 - 5	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Estructura	pH
Carlos Cueva	1 - 2 has	6 - 9 qq	2 - 5	Franco, Materia orgánica, Pendiente, Suelo labrado	Textura	M.O.
Abel Cueva	1 - 2 has	6 - 9 qq	2 - 5	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Amable Cueva	1 - 2 has	6 - 9 qq	> 11	Franco, Pendiente	Textura	pH
Gustavo Rivera	1 - 2 has	> 10 qq	5 - 8	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Alfonso Jiménez	1 - 2 has	> 10 qq	> 11	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Eddy Chuquimarca	1 - 2 has	> 10 qq	5 - 8	Franco, Materia orgánica, Pendiente, Suelo labrado	Textura	pH
Leonidas Jaramillo	6 - 8 has	> 10 qq	5 - 8	Franco, Pendiente, Suelo labrado	pH	M.O.
Luis Rivera	1 - 2 has	> 10 qq	5 - 8	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Marilú Rivera	> 9 has	6 - 9 qq	> 11	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Jinsop Castillo	1 - 2 has	> 10 qq	0 - 2	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Franco Jiménez	3 - 5 has	6 - 9 qq	2 - 5	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	Estructura
Felizardo Jiménez	3 - 5 has	6 - 9 qq	2 - 5	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Yoni Rojas	3 - 5 has	6 - 9 qq	5 - 8	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Michael Tacuri	1 - 2 has	6 - 9 qq	5 - 8	Franco, Materia orgánica, Pendiente	Textura	pH
Agricultor	¿Cómo describe el clima de la zona? [Invierno / Lluvias]	¿Cómo describe el clima de la zona? [Verano / Viento]	¿Fertiliza su cultivo y cuándo lo realiza?	¿Fertiliza su cultivo y cuándo lo realiza?	¿Qué tipo de fertilizantes utiliza para la siembra de su café? [Nitrogenados] [Fosforados]	
Miguel Japón	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Sept - dic	Orgánica	Orgánica
Carlos Cueva	Sept. - diciembre	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Abel Cueva	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Amable Cueva	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Gustavo Rivera	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Alfonso Jiménez	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica

Eddy Chuquimarca	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Leonidas Jaramillo	Sept. - diciembre	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Orgánico	Nitratos	Otros
Luis Rivera	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Marilú Rivera	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Jinsop Castillo	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Urea	DAP
Franco Jiménez	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Orgánico	Nitratos	DAP
Felizardo Jiménez	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Yoni Rojas	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica
Michael Tacuri	Enero - abril	Mayo - agosto	Orgánico/Invierno	Mineral	Orgánica	Orgánica

Agricultor	¿Qué tipo de fertilizantes utiliza para la siembra de su café?		¿Qué tipo de semilla utiliza para la siembra de su cultivo? [Semilla]	¿Qué variedades de café cultiva? [Variedad]	¿Qué densidad de siembra utiliza? [Densidad (ptas./ha).]
	[Potásicos]	[Foliales]			
Miguel Japón	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador, otros	3000
Carlos Cueva	Orgánica	Otros	Seleccionada	Bourbón Sidra, Geisha, Catucaí, San Salvador	3000
Abel Cueva	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Bourbón Sidra, Catucaí, San Salvador, Otros	3000
Amable Cueva	Orgánica	Micronutrientes	Seleccionada	Típica Mejorado, Otros	3000
Gustavo Rivera	Orgánica	Micronutrientes	Seleccionada	Bourbón Sidra, Catucaí, San Salvador, Otros	3000
Alfonso Jiménez	Orgánica	Micronutrientes	Seleccionada	Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador, Otros	3000
Eddy Chuquimarca	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Bourbón Sidra, Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador, Otros	3500
Leonidas Jaramillo	Sulfatos	Micronutrientes	Seleccionada	Bourbón Sidra, Geisha, Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador	3000
Luis Rivera	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Bourbón Sidra, Típica Mejorado, San Salvador, Otros	3000
Marilú Rivera	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador	3000
Jinsop Castillo	10-30-10	Micronutrientes	Seleccionada	San Salvador, Caturra	3000
Franco Jiménez	Sulfatos	Micronutrientes	Seleccionada	Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador, Caturra, Otros	3000
Felizardo Jiménez	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Típica Mejorado, San Salvador, Otros	3000
Yoni Rojas	Orgánica	Orgánica	Seleccionada	Catucaí, San Salvador, Otros	3000
Michael Tacuri	Orgánica	Micronutrientes	Seleccionada	Típica Mejorado, Catucaí, San Salvador, Otros	3000

Agricultor	¿Realiza algún tipo de poda en su cafetal? [Realiza]	¿Realiza algún tipo de poda en su cafetal? [Tipo]	¿Dispone de riego para su cultivo? [Disponibilidad]	¿Dispone de riego para su cultivo? [Riego tipo]	¿Qué problemas fitosanitarios tiene generalmente en su cultivo?	
					[Plagas]	[Enfermedades]
Miguel Japón	No	No	No	No	Otros	Otros
Carlos Cueva	Si	Formación	No	No	Otros	Roya
Abel Cueva	Si, Renovación	Renovación	Si	Aspersión	Broca	Roya
Amable Cueva	No	No	No	No	Broca	Roya
Gustavo Rivera	Si	Formación	Si	Aspersión	Broca	Roya
Alfonso Jiménez	No	No	No	No	Broca	Roya
Eddy Chuquimarca	Si	Formación y Renovación	No	No	Broca	Roya
Leonidas Jaramillo	Si	Mantenimiento, Renovación, Sanitarias	No	No	Broca	Ojo de pollo, otros
Luis Rivera	Si	Mantenimiento, Renovación, Sanitarias	No	No	Broca	Roya
Marilú Rivera	No	No	No	No	Broca	Roya
Jinsop Castillo	No	No	No	No	Broca	Roya
Franco Jiménez	No	No	No	No	Broca	Roya
Felizardo Jiménez	No	No	No	No	Broca	Roya
Yoni Rojas	No	No	No	No	Broca	Roya
Michael Tacuri	No	No	No	No	Broca	Roya

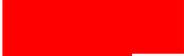
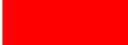
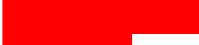
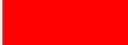
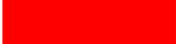
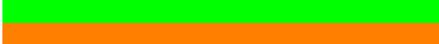
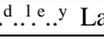
### 6.3.2. Resultados de los análisis de suelos

Los resultados del análisis fisicoquímico del suelo de la finca “El Alisal” que produce las variedades de café de exportación: Typica Mejorada, Geisha, Catucaí y Sidra; permitió conocer el nivel de macronutrientes, micronutrientes, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, textura, entre otros.

En la Tabla 10 se muestran los resultados de laboratorio del análisis químico de suelos de la finca “El Alisal”, para la variedad de siembra Typica Mejorada, de dos años de siembra.

**Tabla 10.**

*Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Typica Mejorada – 2 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)				
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA			
<b>Variedad / Referencia</b>	TYPICA MEJORADA- 2AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023	
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ01/1	Fecha recibida	03/11/2023	
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023	
Análisis químico				
Características del suelo	Resultado	Bajo	Normal	Alto
pH-KCl	4.5			
C.I.C. (meq/100g)	7.6			
Nutrientes principales	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Sodio(meq/100g)	0.12			
Potasio(meq/100g)	0.26			
Magnesio(meq/100g)	1.35			
Calcio(meq/100g)	3.16			
N Mineral (NH4+NO3) (mg/kg)	15.4			
Fósforo (ppm)	3			
Nutrientes secundarios y micronutrientes	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Azufre (ppm)	5			
Boro (ppm)	0.82			
Cobre (ppm)	7.9			
Hierro (ppm)	111			
Manganeso (ppm)	35			
Zinc (ppm)	1.5			

Released by C... h... r... i... s... L... i... n... d... l... e... y Laboratory Manager on behalf of Lancrop Laboratories

En la Tabla 11, se presentan los resultados de análisis físico de suelos, realizados en la finca “El Alisal” con cultivo de café de la variedad Typica Mejorada, de dos años cultivada.

**Tabla 11.**

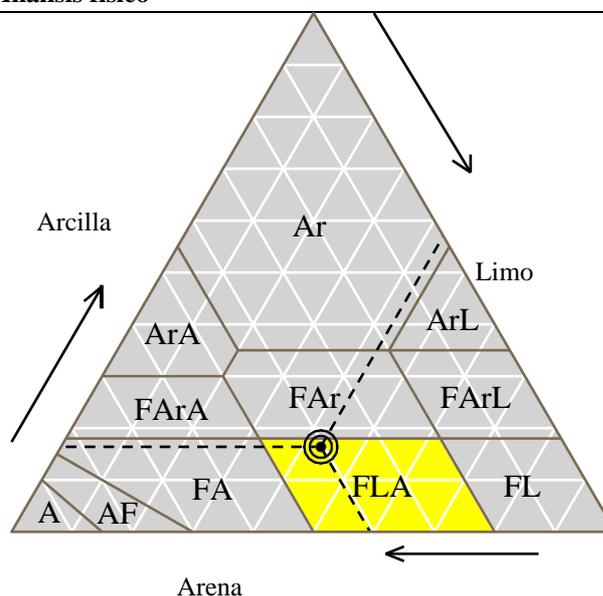
*Resultados de análisis físico de suelos cultivados con café variedad Typica Mejorada – 2 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Variación / Referencia</b>	TYPICA MEJORADA- 2AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ01/1	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023

**Análisis físico**

Análisis	Resultado (%)
Arena	40.63
Limo	42.98
Arcilla	16.39
Tipo de Suelo	FLA
	<b>Franco Limo Arcilloso</b>

Propiedad	Evaluación
Agua Disponible	Bajo a Medio
Tasa de Drenaje	Rápido
Fertilidad Inherente	Bajo a Medio
Potencial C.E.C	Bajo a Medio
Riesgo de Lixiviación	Alto a Moderado
T. Calentamiento	Rápido



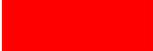
En la Tabla 12, se muestran los resultados del análisis químico de suelos de la finca “El Alisal”, con cultivos de café de la variedad Geisha, de un año de sembrada.

**Tabla 12.**

*Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Geisha – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Variedad / Referencia</b>	GEISHA - 1 AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/2	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023

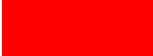
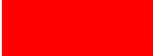
  

Análisis químico				
Características del suelo	Resultado	Bajo	Normal	Alto
pH-KCl	4.1			
C.I.C. (meq/100g)	30.2			

Nutrientes principales	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Sodio(meq/100g)	0.23			
Potasio(meq/100g)	0.15			
Magnesio(meq/100g)	7.58			
Calcio(meq/100g)	11.91			
N Mineral (NH4+NO3) (mg/kg)	11.8			
Fósforo (ppm)	2			

Nutrientes secundarios y micronutrientes	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Azufre (ppm)	4			
Boro (ppm)	0.53			
Cobre (ppm)	5.3			
Hierro (ppm)	210			
Manganeso (ppm)	25			
Zinc (ppm)	1.1			

Released by ..C...h...r...i...s...L...i...n...d...l...e...y Laboratory Manager on behalf of Lancrop Laboratories

En la Tabla 13, se presentan los resultados del análisis físico de suelos, realizados en la finca “El Alisal” cultivada con café de la variedad Geisha hace un año.

**Tabla 13.**

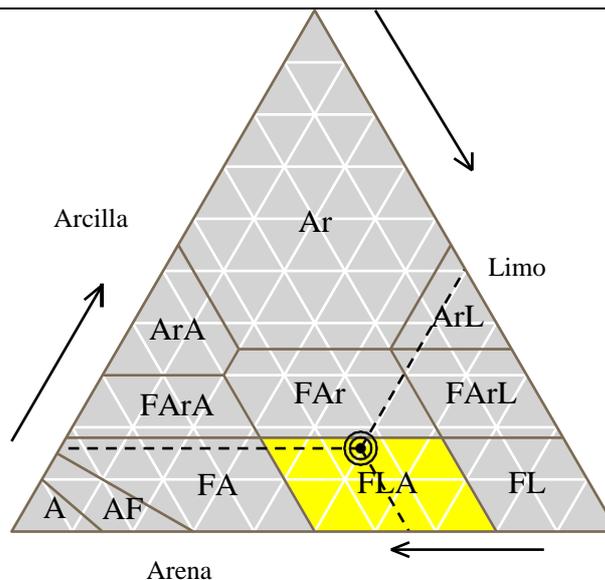
*Resultados de análisis físico de suelos cultivados con café variedad Geisha – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Varietal / Referencia</b>	GEISHA - 1 AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/2	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023

**Análisis físico**

Análisis	Resultado (%)
Arena	34.41
Limo	49.63
Arcilla	15.96
Tipo de Suelo	FLA
	<b>Franco Limo Arcilloso</b>

Propiedad	Evaluación
Agua Disponible	Bajo a Medio
Tasa de Drenaje	Rápido
Fertilidad Inherente	Bajo a Medio
Potencial C.E.C	Bajo a Medio
Riesgo de Lixiviación	Alto a Moderado
T. Calentamiento	Rápido



Los resultados del análisis químico de los suelos de la finca “El Alisal” a sembrar con la variedad de café Geisha, se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14.**

*Resultados del análisis químico de suelos a sembrar café variedad Geisha en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)				
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA			
<b>Variedad / Referencia</b>	GEISHA - A PLANTAR	Fecha muestreo	22/09/2023	
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/3	Fecha recibida	03/11/2023	
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023	
Análisis químico				
Características del suelo	Resultado	Bajo	Normal	Alto
pH-KCl	4.4	[Barra roja]		
C.I.C. (meq/100g)	11.6			
Nutrientes principales	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Sodio(meq/100g)	0.17	[Barra roja]		
Potasio(meq/100g)	0.17	[Barra roja]		
Magnesio(meq/100g)	1.99	[Barra verde]		
Calcio(meq/100g)	5.04	[Barra roja]		
N Mineral (NH4+NO3) (mg/kg)	18.4	[Barra roja]		
Fósforo (ppm)	2	[Barra roja]		
Nutrientes secundarios y micronutrientes	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Azufre (ppm)	7	[Barra roja]		
Boro (ppm)	0.65	[Barra roja]		
Cobre (ppm)	6.9	[Barra verde]		
Hierro (ppm)	171	[Barra naranja]		
Manganeso (ppm)	49	[Barra verde]		
Zinc (ppm)	1.0	[Barra roja]		
Released by .. C h r i s L i n d l e y Laboratory Manager on behalf of Lancrop Laboratories				

Los resultados del análisis físico de suelos de la finca “El Alisal” a sembrar con la variedad de café Geisha, se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

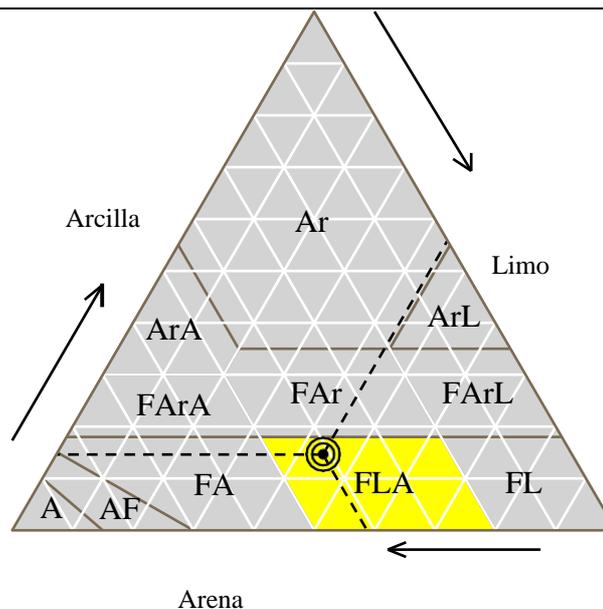
*Resultados del análisis físico de suelos a sembrar café variedad Geisha en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Variedad / Referencia</b>	GEISHA - A PLANTAR	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/3	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023

**Análisis físico**

Análisis	Resultado (%)
Arena	41.24
Limo	44.14
Arcilla	14.62
Tipo de Suelo	FLA
	Franco Limo Arcilloso

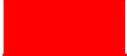
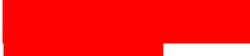
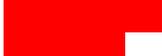
Propiedad	Evaluación
Agua Disponible	Bajo a Medio
Tasa de Drenaje	Rápido
Fertilidad Inherente	Bajo a Medio
Potencial C.E.C	Bajo a Medio
Riesgo de Lixiviación	Alto a Moderado
T. Calentamiento	Rápido



En la Tabla 16, se muestran los resultados del análisis químico de suelos de la finca “El Alisal”, cultivada con la variedad de café Catucaí de 5 años de siembra.

**Tabla 16.**

*Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Catucaí – 5 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

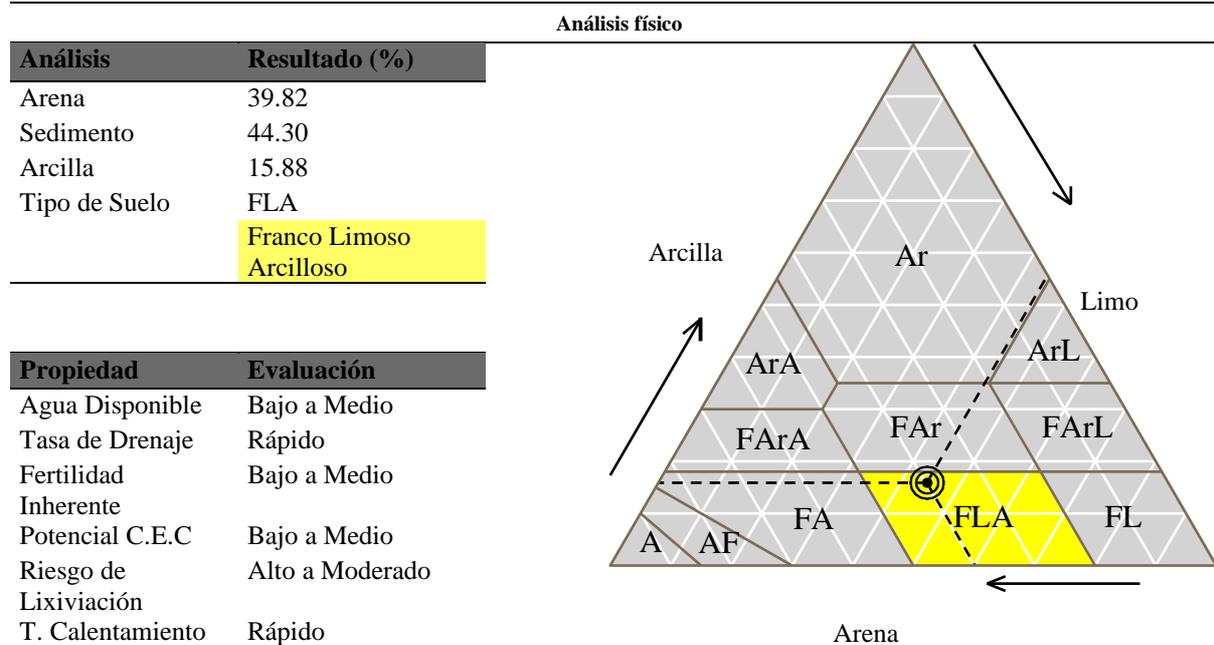
SERVICIO MEGALAB (Suelo)				
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA			
<b>Variedad / Referencia</b>	CATUCAI-5AÑOS	Fecha muestreo	22/09/2023	
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/4	Fecha recibida	03/11/2023	
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023	
Análisis químico				
Características del suelo	Resultado	Bajo	Normal	Alto
pH-KCl	4.2			
C.I.C. (meq/100g)	6.9			
Nutrientes principales	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Sodio(meq/100g)	0.09			
Potasio(meq/100g)	0.41			
Magnesio(meq/100g)	0.9			
Calcio(meq/100g)	2.57			
N Mineral (NH4+NO3) (mg/kg)	20.8			
Fósforo (ppm)	4			
Nutrientes secundarios y micronutrientes	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Azufre (ppm)	8			
Boro (ppm)	0.97			
Cobre (ppm)	9.1			
Hierro (ppm)	231			
Manganeso (ppm)	30			
Zinc (ppm)	2.4			
Released by ..C... ..L... ..y Laboratory Manager on behalf of Lancrop Laboratories				

Los resultados obtenidos del análisis físico de suelo de la finca “El Alisal” sembrado con la variedad de café Catucaí, se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17.**

*Resultados del análisis físico de suelos cultivados con café variedad Catucai – 5 años, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

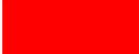
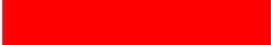
SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Variedad / Referencia</b>	CATUCAI-5AÑOS	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/4	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023



Los resultados del análisis químico de suelos sembrado desde hace un año con la variedad de café Sidra, de la finca “El Alisal” se presentan en la Tabla 18.

**Tabla 18.**

*Resultados del análisis químico de suelos cultivados con café variedad Sidra – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

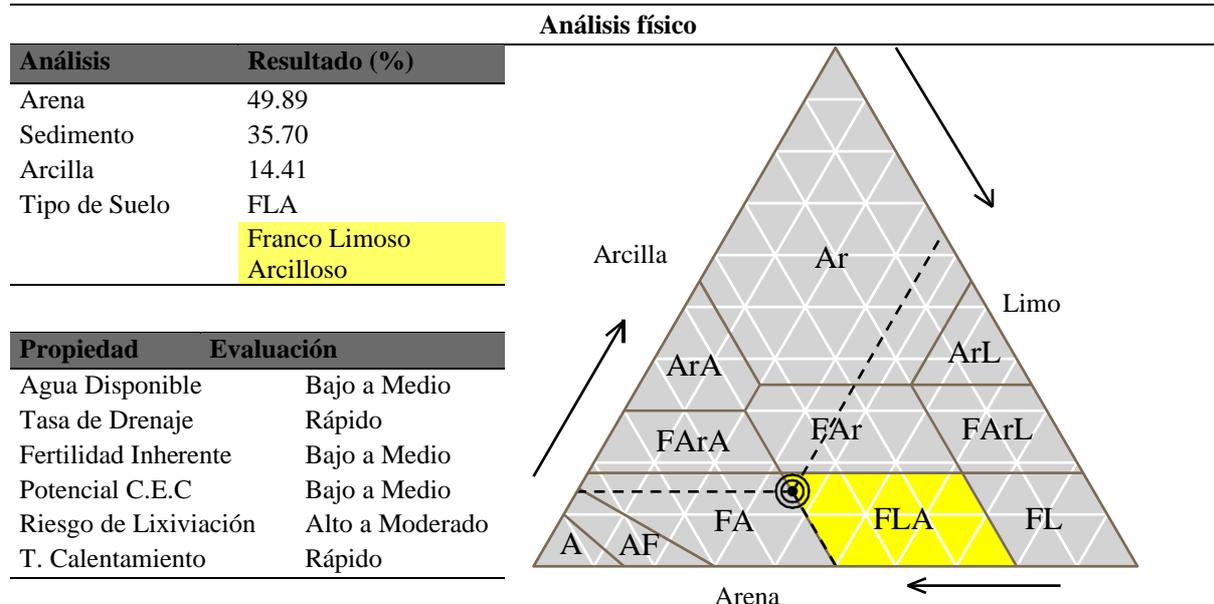
SERVICIO MEGALAB (Suelo)				
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA			
<b>Variedad / Referencia</b>	SIDRA - 1 AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023	
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/5	Fecha recibida	03/11/2023	
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023	
Análisis químico				
Características del suelo	Resultado	Bajo	Normal	Alto
pH-KCl	4.3			
C.I.C. (meq/100g)	2.6			
Nutrientes principales	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Sodio(meq/100g)	0.08			
Potasio(meq/100g)	0.17			
Magnesio(meq/100g)	0.25			
Calcio(meq/100g)	0.93			
N Mineral (NH4+NO3) (mg/kg)	24.5			
Fósforo (ppm)	3			
Nutrientes secundarios y micronutrientes	Resultado	Bajo	Normal	Alto
Azufre (ppm)	7			
Boro (ppm)	0.76			
Cobre (ppm)	4.6			
Hierro (ppm)	164			
Manganeso (ppm)	13			
Zinc (ppm)	1.3			
Released by .. C h r i s L i n d l e y Laboratory Manager on behalf of Lancrop Laboratories				

En la Tabla 19, se presentan los resultados del análisis físico de suelos de la finca “El Alisal” sembrada hace un año con la variedad de café Sidra.

**Tabla 19.**

*Resultados del análisis físico de suelos cultivados con café variedad Sidra – 1 año, en la finca “El Alisal”, parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

SERVICIO MEGALAB (Suelo)			
<b>Identificación</b>	FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA		
<b>Variedad / Referencia</b>	SIDRA - 1 AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/5	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023



#### **6.4. Resultados para el segundo objetivo. Desarrollar un programa de nutrición para café en la finca intervenida**

El plan nutricional para cada variedad según su estado fenológico se desarrolló con base en los resultados de los análisis de suelos de la finca en estudio, con la información obtenida en la encuesta aplicada a los productores de café del sector Fundochamba y con el criterio técnico de varios autores.

Mediante la fotosíntesis, las plantas hacen uso de la energía luminosa para generar biomasa en forma de productos que son de interés principalmente granos, fibras, tubérculos, frutas, verduras y forrajes. Para lograrlo, además de la luz, las plantas necesitan una temperatura adecuada, agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y nutrientes minerales (Sadeghian, 2022).

Los elementos que se consideran esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, es decir, nutrientes, son indispensables como constituyentes de las plantas, para reacciones

bioquímicas y la producción de compuestos orgánicos, tales como carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas. Por esta razón, en la agricultura la adecuada nutrición mineral (Tabla 20) de las especies cultivadas es un requisito previo e importante para obtener altos rendimientos y productos de buena calidad.

Los nutrientes minerales se obtienen tanto de las reservas del suelo como de las fuentes externas, principalmente fertilizantes, enmiendas, abonos orgánicos y la atmósfera (Sadeghian, 2022).

**Tabla 20.**

*Recomendación básica para café en Colombia*

Alternativa	Dosis nutriente (kg/ha/año) *			
	N	P2O5	K2O	MgO
1	300	50	260	0
2	300	50	260	40

Alternativa	Dosis nutriente (kg/ha/año) *			
	N	P2O5	K2O	MgO
1	6.0	1.0	5,2	0.0
2	6.0	1.0	5,2	0,8

*Nota:* \*Sugerencia para plantaciones con altas densidades de siembra (más de 7500 plantas /ha) y niveles bajos de sombra (menor de 35%). Tomado de Sadeghian (2022).

En la Tabla 21, se muestra el plan de nutrición para el cultivo de café variedad Typica Mejorada en la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 21.**

*Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Typica Mejorada en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

FERTILIZACIÓN EDÁFICA VARIEDAD TYPICA MEJORADA - AÑO 2															
3200 PLANTAS	PREFLORACIÓN														
FUENTE	kg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	SI	M.O.	SACOS 50 kg
12-11-18 + 8S + MICRO	50	12	11	18	0.00	2.70	8.00	0.20	0.20	0.02	0.00	0.02	0.00		1
NITRATO DE CALCIO + B	300	92.4	0	0	156.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00		6
NITRATO NH4 + Ca + Mg	50	21	0	0	11.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		1
15-4-23 + 2S	500	150	40	230	0.00	40.00	20.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		10
COMPOST	250	11.5	16.6	7.05	11.7	3.35	1.6	4.1	0.2	0.2	0.1	0.15	0	244.95	5
<b>TOTAL</b>	<b>1150</b>	<b>287</b>	<b>68</b>	<b>255</b>	<b>179</b>	<b>54</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>23</b>
<b>359 gramos/planta</b>															

En la Tabla 22 se muestra el plan nutricional para la variedad Geisha de un año de sembrada en la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 22.**

*Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Geisha en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

FERTILIZACIÓN EDÁFICA VARIEDAD GEISHA - AÑO 1															
2400 PLANTAS	PREFLORACIÓN														
FUENTE	kg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	SI	M.O.	SACOS 50 kg
12-24-12 + 1.6 S + 2 Mg + Zn + B	150	36	72	36	0.00	6.00	4.80	0.00	0.00	0.06	0.00	0.12	0.00		3
NITRATO DE CALCIO + B	200	61.6	0	0	104.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00		4
NITRATO NH4 + Ca + Mg	100	42	0	0	22.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00		2
15-4-23 + 2S	450	135	36	207	0.00	36.00	18.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00		9
COMPOST	250	11.5	16.6	7.05	11.7	3.35	1.6	4.1	0.2	0.2	0.1	0.15	0	244.95	5
<b>TOTAL</b>	<b>1150</b>	<b>286</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>138</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>23</b>
														<b>479</b>	<b>gramos/planta</b>

En la Tabla 23 se presenta el programa de nutrición para la variedad Geisha a plantar en la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 23.**

*Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Geisha, a sembrar en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

FERTILIZACIÓN EDÁFICA VARIEDAD GEISHA - A SEMBRAR															
1500 PLANTAS	ESTABLECIMIENTO														
FUENTE	kg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	SI	M.O.	SACOS 50 kg
12-24-12 + 1.6 S + 2 Mg + Zn + B	60	14.4	28.8	14.4	0.00	2.40	1.92	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00		1.2
NITRATO DE CALCIO + B	30	9.24	0	0	15.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00		0.6
NITRATO NH4 + Ca + Mg	50	21	0	0	11.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		1
15-4-23 + 2S	150	45	12	69	0.00	12.00	6.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00		3
BIOCOMPOST	250	11.5	16.6	7.05	11.7	3.35	1.6	4.1	0.2	0.2	0.1	0.15	0	244.95	5
<b>TOTAL</b>	<b>540</b>	<b>101</b>	<b>57</b>	<b>90</b>	<b>38</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>11</b>
														<b>360</b>	<b>gramos/planta</b>

En la Tabla 24 se presenta el programa nutricional para la variedad Catucaí de 5 años de plantada en la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 24.**

*Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Catucaí en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

FERTILIZACIÓN EDÁFICA VARIEDAD CATUCAI - 5 AÑOS															
3200 PLANTAS	PREFLORACIÓN - LLENADO														
FUENTE	kg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	SI	M.O.	SACOS 50 kg
12-24-12 + 1.6 S + 2 Mg + Zn + B	200	48	96	48	0.00	8.00	6.40	0.00	0.00	0.08	0.00	0.16	0.00		4
NITRATO DE CALCIO + B	300	92.4	0	0	156.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00		6
NITRATO NH4 + Ca + Mg	100	42	0	0	22.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00		2
15-4-23 + 2S	600	180	48	276	0.00	48.00	24.00	0.00	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00		12
COMPOST	250	11.5	16.6	7.05	11.7	3.35	1.6	4.1	0.2	0.2	0.1	0.15	0	244.95	5
<b>TOTAL</b>	<b>1450</b>	<b>374</b>	<b>161</b>	<b>331</b>	<b>190</b>	<b>74</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>29</b>
															<b>453 gramos/planta</b>

En la Tabla 25 se presenta el plan nutricional para la variedad Sidra de 1 año de plantada en la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 25.**

*Recomendación de fertilización para el cultivo de café variedad Sidra en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

FERTILIZACIÓN EDÁFICA VARIEDAD SIDRA - 1 AÑO															
4500 PLANTAS	PREFLORACIÓN - LLENADO														
FUENTE	kg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	SI	M.O.	SACOS 50 kg
12-24-12 + 1.6 S + 2 Mg + Zn + B	300	72	144	72	0.00	12.00	9.60	0.00	0.00	0.12	0.00	0.24	0.00		6
NITRATO DE CALCIO + B	400	123.2	0	0	208.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00		8
NITRATO NH4 + Ca + Mg	200	84	0	0	44.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00		4
15-4-23 + 2S	900	270	72	414	0.00	72.00	36.00	0.00	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00		18
COMPOST	250	11.5	16.6	7.05	11.7	3.35	1.6	4.1	0.2	0.2	0.1	0.15	0	244.95	5
<b>TOTAL</b>	<b>2050</b>	<b>561</b>	<b>233</b>	<b>493</b>	<b>264</b>	<b>117</b>	<b>47</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>41</b>
															<b>456 gramos/planta</b>

#### 6.4.1. Análisis de costos del plan nutricional para cultivos de café

En la Tabla 26 se muestra el análisis detallado de los costos para la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 26.***Costos del plan de nutrición*

ACTIVIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1. Toma de muestras de suelos	50	\$ -	\$ -
2. Análisis de suelos	5	\$ 56.00	\$ 280.00
3. Plan Nutricional	5	\$ -	\$ -
4. Adquisición fertilizantes	127	\$ 35.00	\$ 4,445.00
5. Aplicación Fertilizantes	25	\$ 18.00	\$ 450.00
6. Capacitación Agricultores	6	\$ 100.00	\$ 600.00
7. Análisis de Resultados	5	\$ -	\$ -
8.Otros	5	\$ 250.00	\$ 1,250.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 7,025.00</b>

En la Tabla 27 se muestra el análisis del beneficio versus los costos y la rentabilidad del proyecto, para la finca “El Alisal” de la parroquia Fundochamba del cantón Quilanga de la provincia de Loja.

**Tabla 27.***Análisis de beneficio/costos*

VARIEDAD	PRODUCCIÓN/HA (qq).	TOTAL, HAS	PRODUCCIÓN TOTAL	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Typica Mejorada	20	1.5	30	\$ 300.00	\$ 9,000.00
Geisha	20	1.2	24	\$ 450.00	\$ 10,800.00
Catucai	20	2	40	\$ 260.00	\$ 10,400.00
Sidra	20	1.5	30	\$ 400.00	\$ 12,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>6.2</b>	<b>124</b>		<b>\$ 42,200.00</b>

B/C= \$ 6.01
--------------

**6.5. Resultados para el tercer objetivo. Socializar los resultados del programa nutricional mediante la ejecución del plan de capacitación y educación a productores de café de la zona intervenida.**

En la Tabla 28 se establece el cronograma y temas a desarrollarse dentro del plan de capacitación y educación a los productores de café en la zona de estudio.

**Tabla 28.**

*Cronograma de capacitación y temáticas a desarrollar para productores de café en la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

CAPACITACIÓN / FECHAS	TIEMPO DE EJECUCIÓN					
	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24
1. Importancia de la nutrición balanceada en café	■					
2. Análisis de suelos, toma de muestras, resultados e interpretación		■				
3. Plan Nutricional con base en análisis			■			
4. Tipos de fertilizantes y nutrición orgánica				■		
5. Aplicación de fertilizantes 4 R de la nutrición					■	
6. Evaluación y ajuste de fórmulas de nutrición						■

## 7. Discusión

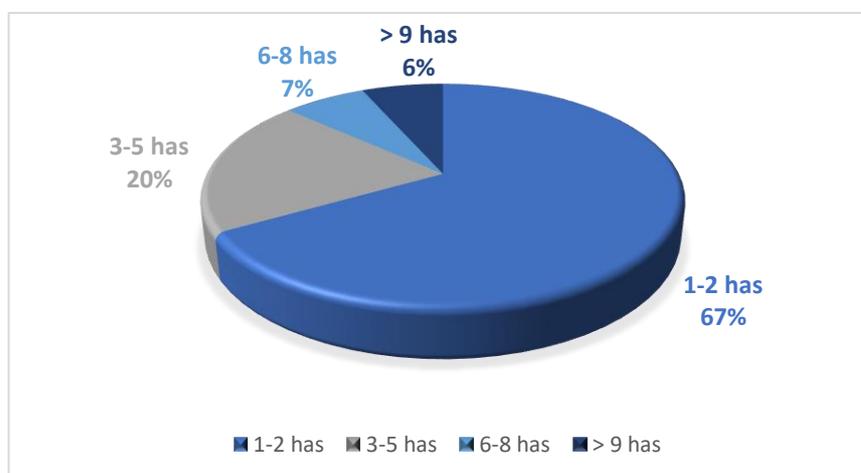
Con base en los resultados obtenidos en el desarrollo del primer objetivo para conocer sobre las características de los suelos y nutrición adecuados para las plantaciones de café, tenemos el análisis de los parámetros consultados mediante la encuesta realizada.

### 7.1. Análisis de resultados de encuestas

Para la primera pregunta: *¿Cuál es el área de su cultivo?* Los resultados obtenidos y descritos en la Figura 14 muestran que el 66.7% de los entrevistados tienen entre una a dos hectáreas de cultivo de café sembradas, el 20% de tres a cinco hectáreas cultivadas, el 6.7% de seis a ocho hectáreas de siembra y el 6.6% mayor a nueve hectáreas. Estos resultados tienen relación con el informe del MAG (2023), donde describe que la superficie por hectárea sembrada por agricultor el 60% es menor o igual a 1 ha. El 36% tiene de 1,1 has a 5 has y el 4% mayor a 5 has.

**Figura 14.**

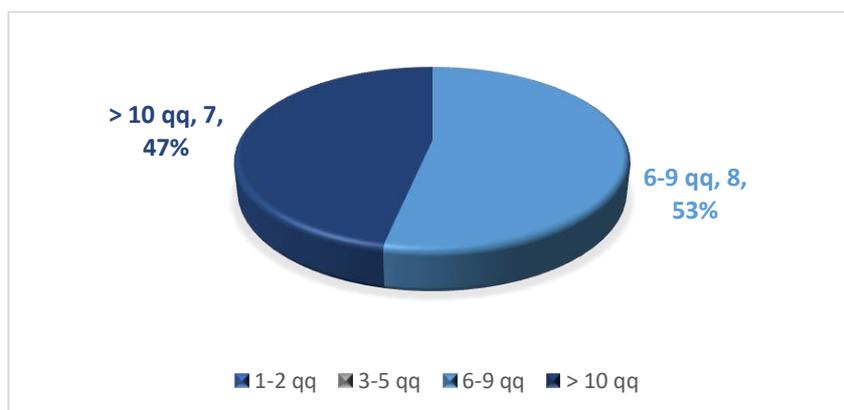
*Área de siembra (hectáreas), de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



En la segunda pregunta: *¿Qué productividad tiene actualmente por hectárea?* Se encontró que ocho agricultores correspondientes al 53.3% cosechan entre seis a nueve quintales de café por hectárea; y siete personas correspondientes al 46.7% producen más de diez quintales por hectárea. Los resultados se muestran en la Figura 15. Comparando el informe de producción del MAG (2023), donde se describe que el rendimiento en Ecuador está para café arábigo en promedio de 0,5 toneladas/hectárea.

**Figura 15.**

*Productividad por hectárea de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Los resultados para la pregunta número tres: *¿Cuántos años tiene su finca de café?* Se muestran en la Figura 16. El 40% (6 agricultores), tienen su finca de entre cinco y ocho años de antigüedad, el 33.3% (5 productores), entre dos y cinco años y el 6.7% (1 agricultor), entre cero y dos años de antigüedad. El MAG (2021), resalta que la edad promedio en la provincia de Loja de las fincas cafetaleras es de siete años.

**Figura 16.**

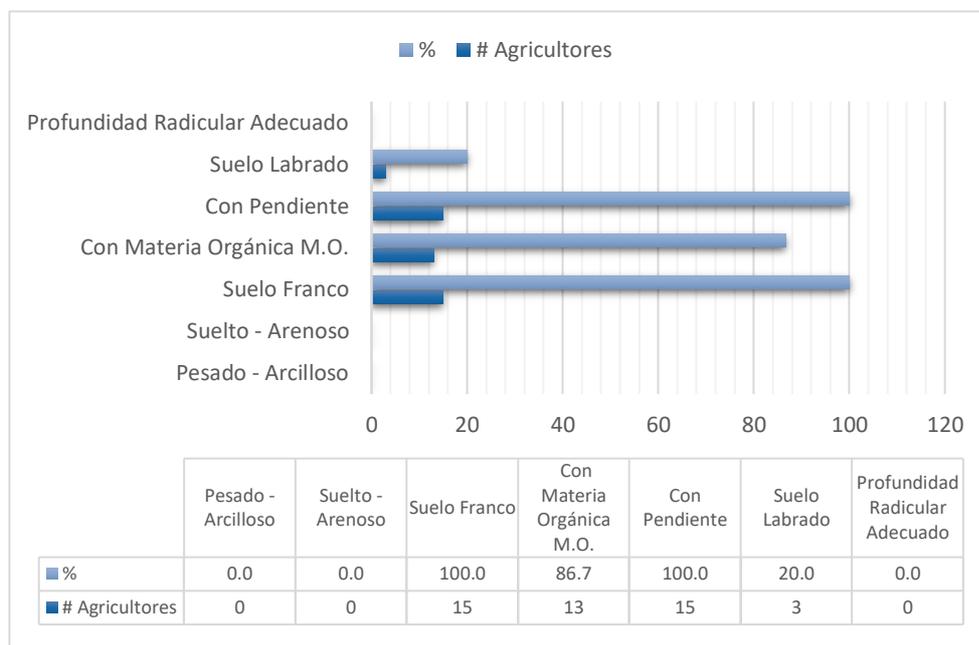
*Edad del cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja.*



En relación con la pregunta cuatro: *¿Cómo describe el suelo en el que siembra su café?* (Figura 17) se observa que el 100% de los productores sostienen que sus suelos son francos, el 86.7% manifiestan que poseen materia orgánica. Además, el 100% de los entrevistados confirman que tienen terrenos con pendientes y el 20% declara que son suelos labrados.

**Figura 17.**

*Descripción del suelo de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

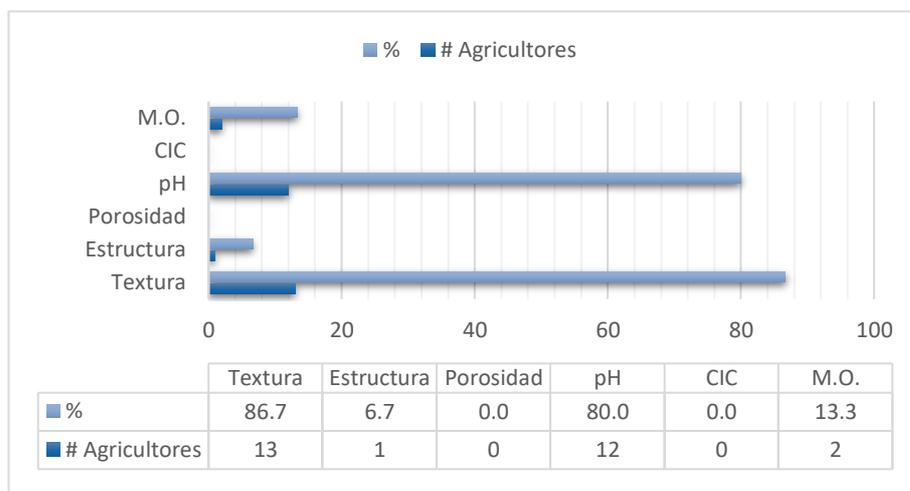


Los resultados de la pregunta cinco: *¿Conoce alguna característica físico - química de su suelo?* Se presentan en la Figura 18. Se observa que 13 agricultores que corresponden al 86.7% entienden acerca de la textura del suelo. El 80% o 12 productores mencionan que conocen el tema del pH del suelo. Dos agricultores (13.3%) saben que es la materia orgánica del suelo, esta es similar a la arcilla porque tiene una superficie amplia que normalmente posee carga negativa. Por lo tanto, la materia orgánica atrae a los iones de carga positiva (cationes) y los retiene para ponerlos a disposición de las plantas en crecimiento y un productor con el 6.7% reconoce que es la estructura del suelo.

Los suelos con un alto contenido de arcilla tienen una mayor capacidad de retener la humedad y los nutrientes y generalmente son más fértiles.

**Figura 18.**

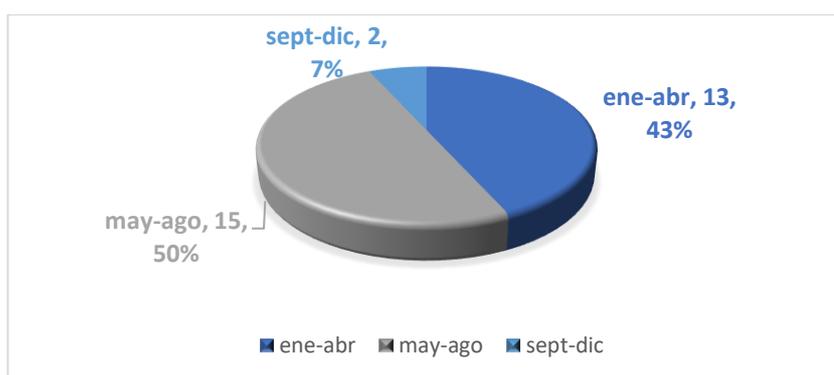
*Características físico - químicas del suelo de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



En la pregunta seis: *¿Cómo describe el clima de la zona?* Los resultados evidencian que todos los agricultores encuestados están seguros de que el verano se presenta entre los meses de mayo hasta agosto. Luego el 86.7% 13 productores sostienen que el invierno va desde los meses de enero hasta abril y el 13.3% 2 agricultores se pronuncian que también llueve en los meses de septiembre a diciembre. (Figura 19).

**Figura 19.**

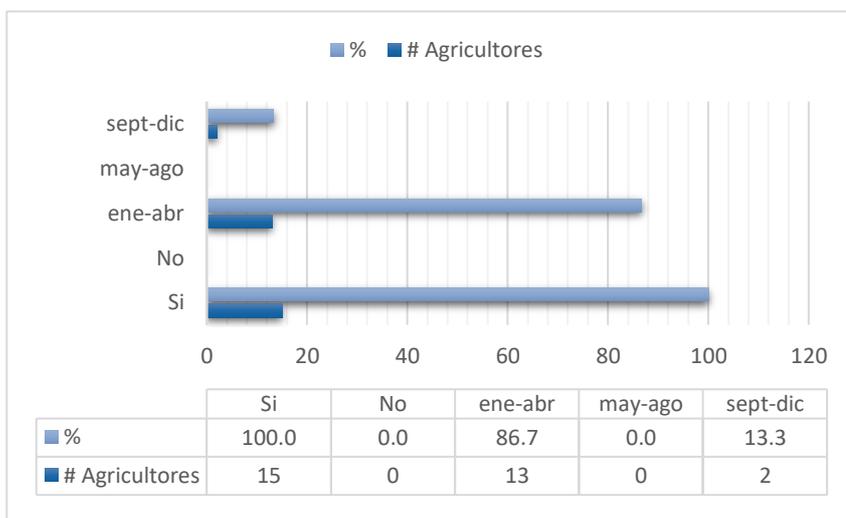
*Descripción del clima de la zona de los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



En los resultados de la pregunta siete: *¿Fertiliza su cultivo y cuándo lo realiza?* Figura 20. Se observa que el 100% de los agricultores realizan la labor de fertilización, de ellos 13 personas que corresponden al 86.7% lo hacen durante el periodo de enero hasta abril y dos productores con un 13.3% lo ejecutan en los meses de septiembre a diciembre, coincidiendo con el calendario de lluvias de la zona.

**Figura 20.**

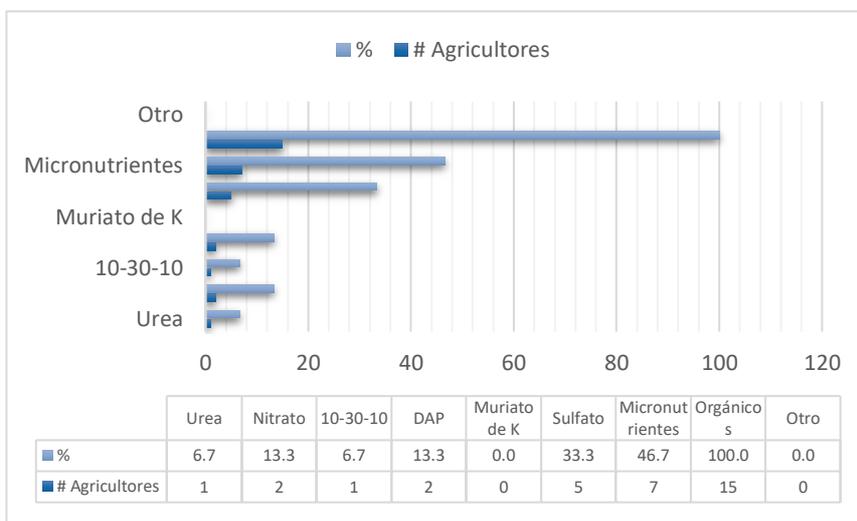
*Fertilización del cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Al revisar los datos obtenidos para la pregunta ocho (Figura 21) *¿Qué tipo de fertilizantes utiliza para la siembra de su café?* Tenemos que el 100% (15 personas) utilizan productos orgánicos. Y, también, un 46.7% (7 agricultores), colocan en su cultivo micronutrientes; el 33.3% (5 productores) utilizan sulfatos. El 13.3% (2 agricultores) ocupan nitratos y DAP. El 6.7% (2 personas), usan urea y 10-30-10 en su fertilización. Referenciando los resultados obtenidos con el informe del MAG (2021), tenemos que el 34 % de los productores utiliza algún tipo de fertilización.

**Figura 21.**

*Tipos de fertilizantes utilizados en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Al analizar la pregunta nueve: *¿Qué tipo de semilla utiliza para la siembra de su cultivo?* Se observó lo siguiente: que el 100% de los entrevistados 15 agricultores, cosechan su propia semilla, debido a que no existe acceso en el país semilla certificada. Los resultados se muestran en la figura 22. Los datos emitidos por el MAG (2021), en su informe manifiestan que el 98% de personas usan semilla común/mejorada (cosechada) y solamente el 2% semilla certificada. Adicional, no hay confianza en las personas que se dedican a la multiplicación de plantas de café, esto debido a que entregan mezclado variedades y pagan por una determinada y se les entrega otra.

**Figura 22.**

*Tipos de semillas utilizados en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

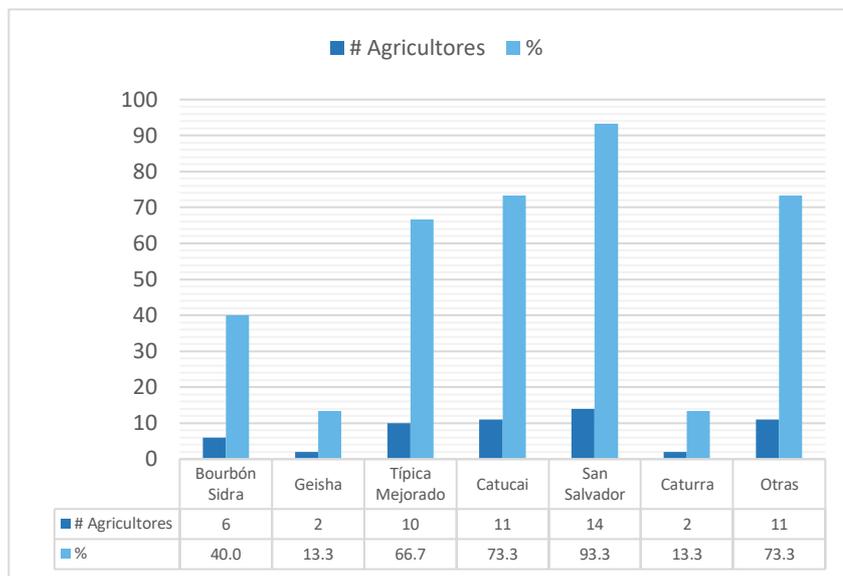


En la pregunta diez: *¿Qué variedades de café cultiva?* Figura 23. Se observa una gran diversidad de materiales varietales cultivados, así el 93.3% (14 agricultores), producen la variedad San Salvador en su finca, el 73.3% (11 personas), tienen Catucaí y otras variedades. El 66.7% (10 productores), usan la variedad Típica Mejorado (criollo), un 40% (6 personas), producen Bourbon Sidra, considerado un café de especialidad por el alto puntaje que puede lograr en calidad de tasa, al igual que Geisha 13.3% (2 productores). También se produce Caturra 13.3% (2 personas).

En el informe del MAG (2021), en cuanto a las variedades sembradas en Ecuador establece que la variedad Catucaí con un 28% es la que más se siembra, seguida de Caturra y Acawa con un 15% de participación. Luego está Sachimor con un 13% de contribución, Típica Mejorado con un 8% de aporte y Otras con el 21%.

**Figura 23.**

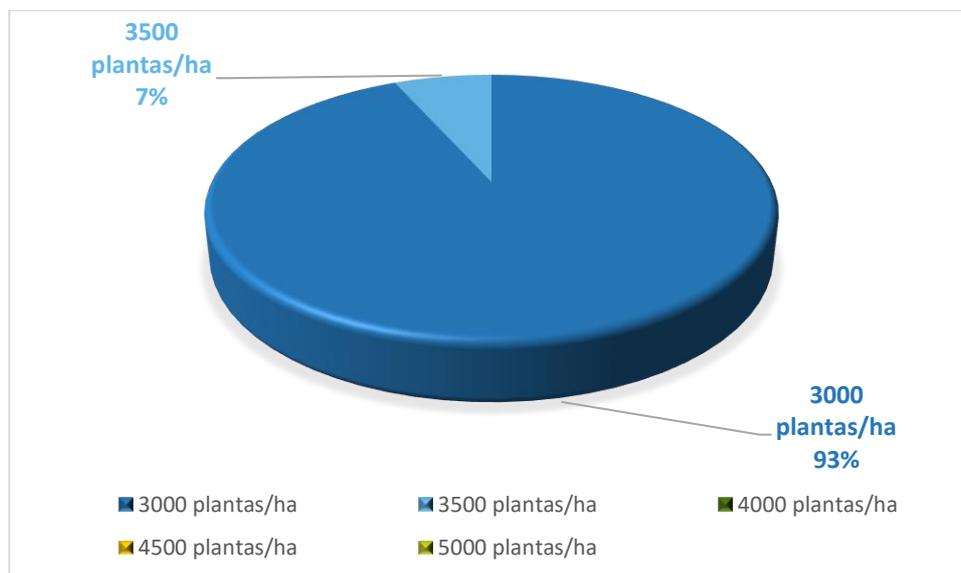
*Variedades de café cultivadas por los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Para realizar el análisis e interpretación de la pregunta 11: *¿Qué densidad de siembra utiliza?* Se tiene que un 93 % que corresponden a 14 agricultores siembran 3000 plantas por hectárea y el 7 % que significa un productor tiene una densidad de 3500 plantas por hectárea. (Figura 24). En el informe del MAG (2021), declara que la densidad de siembra en la provincia de Loja es de 3999 plantas/hectárea.

**Figura 24.**

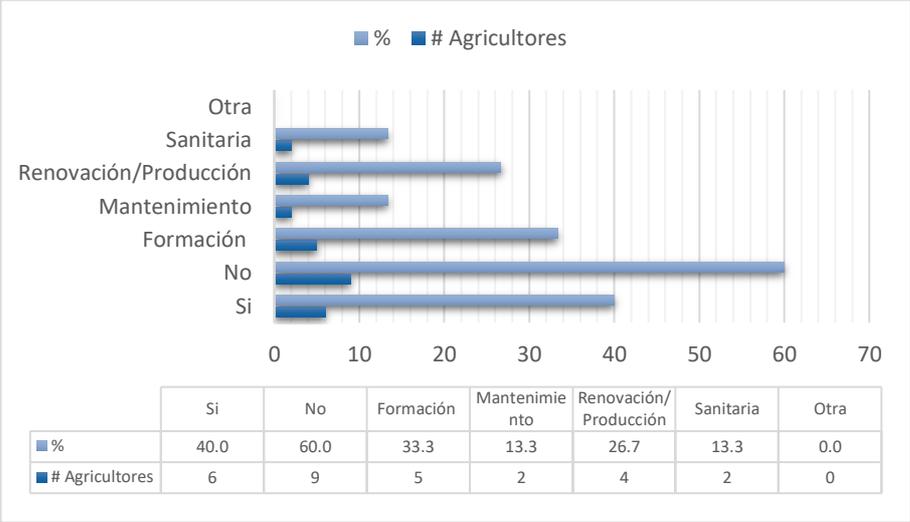
*Densidad de siembra utilizada por los productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Los resultados de la pregunta 12 *¿Realiza algún tipo de poda en su cafetal?* reflejan que el 60% (9 personas), no hace esta labor, el 40% (6 agricultores), si lo hacen y de ellos el 33.3% son podas de formación de la planta, el 26.75% son podas de renovación (producción), y el 13.3% son podas de mantenimiento y sanitarias. (Figura 25).

**Figura 25.**

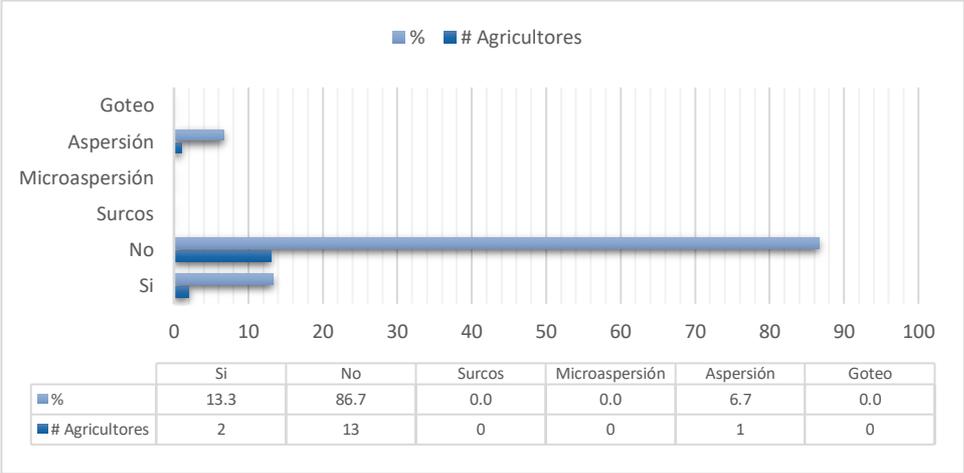
*Podas en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Para la pregunta 13: *¿Dispone de riego para su cultivo?* Se obtuvo los siguientes resultados, ver la Figura 26. Que un 86.7% (13 productores), encuestados manifiestan no tener disponibilidad de riego y un 13.3% (2 agricultores), si tienen y corresponde a tipo aspersion.

**Figura 26.**

*Disponibilidad de riego en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



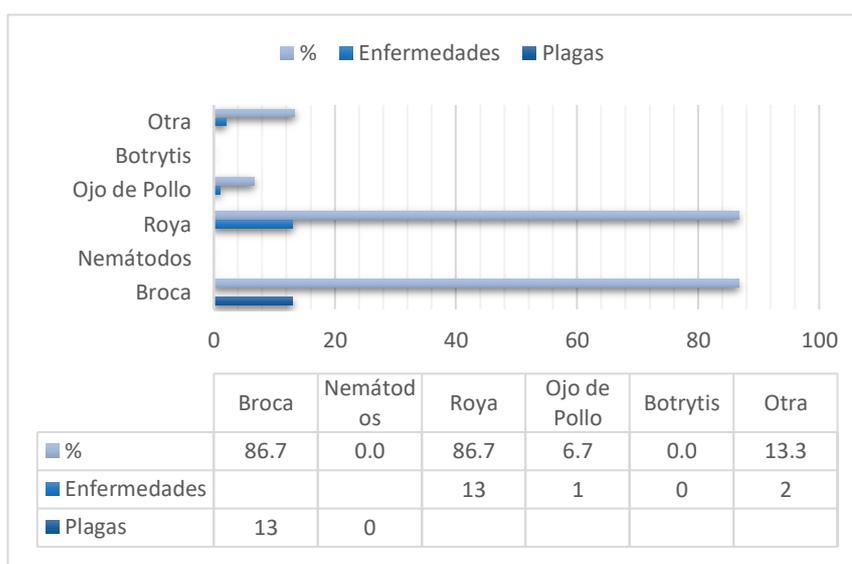
Finalmente, para la pregunta 14 de la encuesta Figura 27 *¿Qué problemas fitosanitarios tiene generalmente en su cultivo?* Se observa que en cuanto a plagas y enfermedades existe un 86.7% de presencia de Broca del café y de igual forma la presencia de Roya en la zona en estudio. Siendo las de mayor importancia económica en este cultivo.

Al revisar el informe del MAG (2021), manifiesta que los problemas de plagas y enfermedades se sitúan entre el 61% y 70% de presencia en los cafetales en el Ecuador.

De acuerdo con Canet (2016), aparece en Colombia en 1988 y el costo de su control se estima en aproximadamente \$100 millones al año, lo cual representa el 10% de los costos totales de la producción de café en ese país, y actualmente está presente en el mundo en más de 700 mil hectáreas.

**Figura 27.**

*Problemas fitosanitarios en el cultivo de café de los productores de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



## 7.2. Análisis de suelos

Los análisis de los resultados para las cinco muestras de suelos se realizaron en función con la edad de las plantas y cada variedad correspondiente a cada zona de cultivo.

Así en la Tabla 29, se revisan la interpretación general los análisis de suelos realizados en la finca El Alisal, variedad Típica Mejorada, de dos años cultivada.

**Tabla 29.**

*Interpretación general de los análisis de suelos en café variedad Typica Mejorada de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

<b>Identificación</b>		FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA	
<b>Variedad / Referencia</b>	TYPICA MEJORADA- 2AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ01/1	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE	Fecha de emisión	20/11/2023
<b>Interpretación</b>			
<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Rango Ideal</b>	<b>Comentarios</b>
Ammonium N (mg/kg)	6.9		
Nitrate N (mg/kg)	8.5		
pH-KCl	4.5	5.5 - 6.9	Tendencia a acidez (encalar).
C.I.C. (meq/100g)	7.6	15 - 39.9	
Clase de Textura	FLA		
Organic Matter (LOI) (%)	4.7		
Sodio (meq/100g)	0.12	0.25 - 0.74	
Potasio (meq/100g)	0.26	0.5 - 1.49	Elevar los aportes de K <sub>2</sub> O en al menos 700 kg/ha/año
Magnesio (meq/100g)	1.35	1.9 - 5.79	Elevar los aportes de MgO en al menos 80 kg/ha/año
Calcio (meq/100g)	3.16	7 - 18.99	Elevar los aportes de CaO soluble en al menos 150 kg/ha/año
Mineral N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	15.4	35 - 69.9	Elevar los aportes de N en al menos 350 kg/ha/año
Fósforo (ppm)	3	20 – 39	Elevar los aportes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en al menos 80 kg/ha/año
Azufre (ppm)	5	8 – 19	Elevar los aportes de S en al menos 80 kg/ha/año
Boro (ppm)	0.82	1 - 1.59	Elevar los aportes de B aplicando de 2 a 3 lt/ha/año
Cobre (ppm)	7.9	6 - 9.9	
Hierro (ppm)	111	20 – 49	
Manganeso (ppm)	35	22 – 52	
Zinc (ppm)	2	4 - 7.9	Elevar los aportes de Zn aplicando de 4 a 5 lt/ha/año

El suelo del lote Typica Mejorada presenta una textura Franco-Limo-Arcilloso, con gran participación de partículas de limo lo cual lo caracteriza por tener una baja capacidad de contener agua, una velocidad de drenaje alta y una fertilidad media.

La relación nítrico:amoniaco está en 55:45 % baja, cuando lo ideal de acuerdo con Yara (2023), es mantenerla en 70:30 %.

Luego el pH está en 4.5 con tendencia a la acidez, los rangos óptimos se manejan entre 5.5 hasta 6.9 para este cultivo en particular, esto en concordancia con Sadeghian (2018) quien, además advierte de los graves daños a las plantas cuando tenemos valores por debajo de los

rangos adecuados, por ejemplo, la disponibilidad de aluminio intercambiable que es tóxico para los cafetales. Además, muestra ser un limitante para la absorción de fósforo.

En cuanto a la (Capacidad de intercambio catiónico) C.I.C. está en 7.6 meq/100g considerada baja cuando el rango ideal está establecido entre 15 y 39.9 meq/100g causada por la clase textural a la cual corresponde franco limo arcilloso (FLA), con porcentajes distribuidos de la siguiente forma: arena 40.63%, limo 42.98% y arcilla 16.39% lo que significa de acuerdo con Sadeghian (2018), que al tener mayor porcentajes de limo y arena respectivamente y baja cantidad de arcillas la capacidad de intercambio iónico es menor y por tanto hay tendencia a lavado de nutrientes en ese suelo.

Si se revisa la cantidad de materia orgánica (M.O.), se tiene 4.7% lo cual en función al autor Valencia (2000), estaría dentro de los parámetros de manejo considerados normales.

Los valores de las bases son bajas, el potasio (K), se ubica en 0.26 meq/100g, el Magnesio (Mg), en 1.35 meq/100g y el Calcio (CaO), en 3.16 meq/100g, de igual forma sus relaciones conforme con Yara (2023), quien establece las relaciones ideales de bases así: Ca/Mg 3.38 meq/100g, Ca/K 13.06 meq/100g y Ca+Mg/K 16.92 meq/100g.

El Fosforo (P), se encuentra bajo con un valor de 3 ppm (partes por millón), siendo los valores óptimos entre 20 y 39 ppm. La explicación en concordancia con Yara (2023), es que este elemento particularmente es poco retenido por el suelo y muy fácil de lixiviarse por lluvias excesivas o riegos pronunciados. Es inmóvil en el suelo lo que sugiere que, si no está presente en la zona de raíces, no será tomado por ellas y se perderá.

Los valores de Azufre (S), están en 5 ppm y los valores ideales oscilan entre 8 y 19 ppm, al igual que el Boro (B) 0.82 ppm y el Zinc (Zn) 2 ppm, cuyos valores están por debajo de los ideales que son 1 a 1.59 ppm y 4 a 7.9 ppm respectivamente. De acuerdo con Yara (2023), cuando tenemos limitados los micronutrientes Boro y Zinc, sucede que se acentúa la posibilidad de una caída de flores y alto porcentaje aborto de frutos cuajados.

En la Tabla 30, donde se revisan los resultados e interpretación general de los análisis de suelos realizados en la finca El Alisal, variedad Geisha, de un año de sembrada.

**Tabla 30.**

*Interpretación general de los análisis de suelos en café variedad Geisha de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

<b>Identificación</b>		FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA	
<b>Variedad / Referencia</b>	GEISHA- 1AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
<b>Núm. De muestra</b>	LEOJ_01/2	Fecha recibida	03/11/2023
<b>Cultivo</b>	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023
<b>Interpretación</b>			
<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Rango Ideal</b>	<b>Comentarios</b>
Ammonium N (mg/kg)	4.1		
Nitrate N (mg/kg)	7.7		
pH-KCl	4.1	5.5 - 6.9	Tendencia a acidez (encalar).
C.I.C. (meq/100g)	30.2	15 - 39.9	
Clase de Textura	FLA		
Organic Matter (LOI) (%)	3.1		
Sodio(meq/100g)	0.23	0.25 - 0.74	
Potasio(meq/100g)	0.15	0.5 - 1.49	Elevar los aportes de K <sub>2</sub> O en al menos 700 kg/ha/año
Magnesio(meq/100g)	7.58	1.9 - 5.79	Disminuir los aportes de Mg
Calcio(meq/100g)	11.91	7 - 18.99	Para mantener los niveles de CaO óptimos
Mineral N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	11.8	35 - 69.9	Elevar los aportes de N en al menos 400 kg/ha/año
Fósforo (ppm)	2	20 – 39	Elevar los aportes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en al menos 80 kg/ha/año
Azufre (ppm)	4	8 – 19	Elevar los aportes de S en al menos 90 kg/ha/año.
Boro (ppm)	0.53	1 - 1.59	Elevar los aportes de B aplicando de 2 a 3 lt/ha/año
Cobre (ppm)	5.3	6 - 9.9	Aplicar fertilizantes edáficos que aporten Cu.
Hierro (ppm)	210	20 – 49	
Manganeso (ppm)	25	22 – 52	
Zinc (ppm)	1.1	4 - 7.9	Elevar los aportes de Zn aplicando de 4 a 5 lt/ha/año

La relación Nítrico:Amoniacal está en 65:35 % cercano a lo ideal que de acuerdo con Yara (2023), es mantenerla en 70:30 %.

El pH de esta zona está bajo con valores de 4.1 considerando que el rango ideal se encuentra entre 5.5 y 6.9. Debido a lo descrito por el MAG (2014), la mayoría de los suelos de la serranía ecuatoriana tienen esta tendencia a pH ácidos, por la procedencia de estos, suelos volcánicos y lixiviados.

Este suelo, contiene un alta C.I.C. de 30.2 cmol/kg, lo cual significa que puede retener una cantidad alta de nutrientes, sobre todo de bases como: Potasio – Magnesio – Calcio. También, el contenido medio de materia orgánica, en el suelo (3.1 %), puede ser un factor determinante

para la mencionada capacidad de retención de nutrientes, según con el autor Valencia (2000), estaría dentro de los parámetros de manejo considerados normales.

Los valores de las bases están así: el potasio (K) 0.15 meq/100g bajo, el Magnesio (Mg), en 7.58 meq/100g alto y el Calcio (CaO), en 11.91 meq/100g, normal. Cuando analizamos las relaciones conforme con Yara (2023), quien establece las relaciones ideales de bases así: Ca/Mg 3.38 meq/100g, Ca/K 13.06 meq/100g y Ca+Mg/K 16.92 meq/100g, tenemos que la relación Ca/Mg es de 1.57 meq/100g es baja. La relación Ca/K está en 79.4 meq/100g es alta y la relación Ca+Mg/K es de 129.9 meq/100g es alta también. La causa principal son los valores de K bajo y Mg alto.

El Fosforo (P), se encuentra bajo con un valor de 2 ppm (partes por millón), siendo los valores óptimos entre 20 y 39 ppm. La explicación en concordancia con Yara (2023), es que este elemento particularmente es poco retenido por el suelo y muy fácil de lixiviarse por lluvias excesivas o riegos pronunciados. Es inmóvil en el suelo lo que sugiere que, si no está presente en la zona de raíces, no será tomado por ellas y se perderá.

Los valores de Azufre (S), están en 4 ppm bajo, siendo los valores ideales entre 8 y 19 ppm, al igual que el Boro (B) 0.53 ppm bajo, cuyos valores están por debajo de los ideales que son 1 a 1.59 ppm y el Zinc (Zn) 1.1 ppm bajo ya que los rangos óptimos son entre 4 a 7.9 ppm. De acuerdo con Yara (2023), cuando tenemos limitados los micronutrientes Boro y Zinc, sucede que se acentúa la posibilidad de una caída de flores y alto porcentaje aborto de frutos cuajados.

Seguido en la Tabla 31, se revisan la interpretación general de los análisis de suelos realizados en la finca El Alisal, variedad Geisha, a sembrar.

**Tabla 31.**

*Interpretación de los análisis de suelos en café variedad Geisha, a sembrar de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Rango Ideal</b>	<b>Comentarios</b>
Ammonium N (mg/kg)	7.3		
Nitrate N (mg/kg)	11.1		
pH-KCl	4.4	5.5 - 6.9	Tendencia a acidez (encalar).
C.I.C. (meq/100g)	11.6	15 - 39.9	
Clase de Textura	FLA		
Organic Matter (LOI) (%)	5.2		
Sodio(meq/100g)	0.17	0.25 - 0.74	
Potasio(meq/100g)	0.17	0.5 - 1.49	Elevar los aportes de K <sub>2</sub> O en al menos 700 kg/ha/año
Magnesio(meq/100g)	1.99	1.9 - 5.79	Para mantener los niveles óptimos de Mg
Calcio(meq/100g)	5.04	7 - 18.99	Elevar los aportes de CaO soluble en al menos 120 kg/ha/año
Mineral N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	18.4	35 - 69.9	Elevar los aportes de N en al menos 350 kg/ha/año
Fósforo (ppm)	2	20 - 39	Elevar los aportes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en al menos 80 kg/ha/año
Azufre (ppm)	7	8 - 19	Elevar los aportes de S en al menos 80 kg/ha/año.
Boro (ppm)	0.65	1 - 1.59	Elevar los aportes de B aplicando de 2 a 3 lt/ha/
Cobre (ppm)	6.9	6 - 9.9	
Hierro (ppm)	171	20 - 49	
Manganeso (ppm)	49	22 - 52	
Zinc (ppm)	1.0	4 - 7.9	Elevar los aportes de Zn aplicando de 4 a 5 lt/ha/año

Presenta una textura franco-limo-arcilloso, con gran participación de partículas de limo. Lo cual lo caracteriza por tener una baja capacidad de contener agua, una velocidad de drenaje alta y una fertilidad media

Cuando consideramos la relación nitrógeno:amoniaco está en 60:40 % cercano a lo ideal que de acuerdo con Yara (2023), es lograr mantenerla en 70:30 %.

En lo referente al pH de esta muestra de suelo, con un valor de 4.4 es bajo y considerado ácido, al relacionarlo con el rango ideal que se encuentra entre 5.5 y 6.9, lo cual tiene concordancia a lo expresado por el MAG (2014), la mayoría de los suelos de la serranía ecuatoriana tienen esta tendencia a pH ácidos, por la procedencia de estos, suelos volcánicos y lixiviados.

En cuanto a la C.I.C. está en 11.6 meq/100g considerada baja cuando el rango ideal está establecido entre 15 y 39.9 meq/100g originado por la clase textural a la cual corresponde franco limo arcilloso (FLA), con porcentajes de arena 41.24%, limo 41.14% y arcilla 14.62%.

La cantidad de materia orgánica se encuentra en 5.2% lo cual según con el autor Valencia (2000), estaría dentro de los parámetros de manejo considerados normales.

Las bases están con datos reflejados de la siguiente manera: el potasio (K) 0.17 meq/100g bajo, el Magnesio (Mg), en 1.99 meq/100g normal y el Calcio (CaO), en 5.04 meq/100g, bajo. Cuando analizamos las relaciones conforme con Yara (2023), quien establece las relaciones ideales de bases así: Ca/Mg 3.38 meq/100g, Ca/K 13.06 meq/100g y Ca+Mg/K 16.92 meq/100g, tenemos que la relación Ca/Mg es de 2.53 meq/100g baja. La relación Ca/K está en 29.65 meq/100g alta y la relación Ca+Mg/K es de 41.35 meq/100g es alta. La causa son los valores de K y Ca bajos.

En lo que sucede con el Fosforo (P), se encuentra bajo con un valor de 2 ppm (partes por millón), siendo los valores óptimos entre 20 y 39 ppm. La explicación en concordancia con Yara (2023), es que este elemento particularmente es poco retenido por el suelo y muy fácil de lixiviarse por lluvias excesivas o riegos pronunciados. Es inmóvil en el suelo lo que sugiere que, si no está presente en la zona de raíces, no será tomado por ellas y se perderá.

Los valores de Azufre (S), están en 7 ppm bajo, siendo los valores ideales entre 8 y 19 ppm, al igual que el Boro (B) 0.65 ppm bajo, cuyos valores están por debajo de los ideales que son 1 a 1.59 ppm y el Zinc (Zn) 1 ppm bajo ya que los rangos óptimos son entre 4 a 7.9 ppm. De acuerdo con Yara (2023), al tener limitados Boro y Zinc, sube la probabilidad pérdida de flores y aborto de frutos cuajados.

Así también en la Tabla 32, se revisan los resultados e interpretación general de los análisis de suelos realizados en la finca El Alisal, variedad Catucaí, de cinco años.

**Tabla 32.**

*Interpretación de los análisis generales de suelos en café variedad Catucaí 5 años, de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

Identificación		FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA	
Variedad / Referencia	CATUCAI- 5AÑOS	Fecha muestreo	22/09/2023
Núm. De muestra	LEOJ_01/4	Fecha recibida	03/11/2023
Cultivo	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023
		Interpretación	
Análisis	Resultado	Rango Ideal	Comentarios
Ammonium N (mg/kg)	6.2		
Nitrate N (mg/kg)	14.6		
pH-KCl	4.2	5.5 - 6.9	Tendencia a acidez (encalar).
C.I.C. (meq/100g)	6.9	15 - 39.9	
Clase de Textura	FLA		
Organic Matter (LOI) (%)	5.0		
Sodio(meq/100g)	0.09	0.25 - 0.74	
Potasio(meq/100g)	0.41	0.5 - 1.49	Elevar los aportes de K <sub>2</sub> O en al menos 650 kg/ha/año
Magnesio(meq/100g)	0.90	1.9 - 5.79	Elevar los aportes de MgO en al menos 90 kg/ha/año
Calcio(meq/100g)	2.57	7 - 18.99	Elevar los aportes de CaO soluble en al menos 150 kg/ha/año
Mineral N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	20.8	35 - 69.9	Elevar los aportes de N en al menos 350 kg/ha/
Fósforo (ppm)	4	20 – 39	Elevar los aportes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en al menos 80 kg/ha/año
Azufre (ppm)	8	8 – 19	Para mantener los niveles óptimos de S
Boro (ppm)	0.97	1 - 1.59	Elevar los aportes de B aplicando de 2 a 3 lt/ha/año
Cobre (ppm)	9.1	6 - 9.9	
Hierro (ppm)	231	20 – 49	
Manganeso (ppm)	30	22 – 52	
Zinc (ppm)	2.4	4 - 7.9	Elevar los aportes de Zn aplicando de 4 a 5 lt/ha/año

Al observar la relación nítrico:amoniaco está en 70:30 % llegando al ideal que de acuerdo con Yara (2023), es mantenerla en 70/30 %.

El pH de este suelo es de 4.2 bajo y con tendencia a la acidez, al mirar el rango óptimo que se encuentra entre 5.5 y 6.9, lo cual tiene concordancia a lo expresado por el MAG (2014), la mayoría de los suelos de la serranía ecuatoriana tienen esta tendencia a pH ácidos, por la procedencia de estos, suelos volcánicos y lixiviados.

La C.I.C. está en 6.9 meq/100g considerada baja, si el rango normal está entre 15 y 39.9 meq/100g originado por la clase textural a la cual corresponde franco limo arcilloso (FLA), con porcentajes de arena 39.82%, limo 44.30% y arcilla 15.88%.

La materia orgánica (M.O.), se encuentra en 5% lo cual según con el autor Valencia (2000), estaría dentro de los parámetros de manejo considerados normales.

Las cantidades de bases están: el potasio (K) 0.41 meq/100g bajo, el Magnesio (Mg), en 0.90 meq/100g normal y el Calcio (CaO), en 2.57 meq/100g, bajo. Cuando observamos las relaciones conforme con Yara (2023), quien establece las relaciones ideales de bases así: Ca/Mg 3.38 meq/100g, Ca/K 13.06 meq/100g y Ca+Mg/K 16.92 meq/100g, tenemos que la relación Ca/Mg es de 2.86 meq/100g baja. La relación Ca/K está en 6.27 meq/100g baja y la relación Ca+Mg/K es de 8.46 meq/100g baja, causados por los valores de K, Mg y Ca bajos.

El Fosforo (P), se encuentra bajo con un valor de 4 ppm (partes por millón), siendo los valores óptimos entre 20 y 39 ppm. La explicación en concordancia con Yara (2023), es que este elemento particularmente es poco retenido por el suelo y muy fácil de lixiviarse por lluvias excesivas o riegos pronunciados. Es inmóvil en el suelo lo que sugiere que, si no está presente en la zona de raíces, no será tomado por ellas y se perderá.

Los valores de Azufre (S), están en 8 ppm bajo (límite inferior), los valores óptimos están entre 8 y 19 ppm. El Boro (B) tiene un valor de 0.97 ppm bajo, óptimos 1 a 1.59 ppm y el Zinc (Zn) 2.4 ppm bajo, los rangos óptimos son entre 4 a 7.9 ppm. De acuerdo con Yara (2023), cuando tenemos limitados los micronutrientes Boro y Zinc, sube la probabilidad de una caída de flores y aborto de frutos cuajados.

Finalmente, en la Tabla 33, se revisa la interpretación general de los análisis de suelos realizados en la finca El Alisal, variedad Sidra, de un año.

**Tabla 33.**

*Interpretación de los análisis generales de suelos en café variedad Sidra de un año, de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

Identificación		FINCA EL ALISAL – FUNDOCHAMBA	
Variedad / Referencia	SIDRA- 1AÑO	Fecha muestreo	22/09/2023
Núm. De muestra	LEOJ_01/5	Fecha recibida	03/11/2023
Cultivo	COFFEE ARÁBICO	Fecha de emisión	20/11/2023
Interpretación			
Análisis	Resultado	Rango Ideal	Comentarios
Ammonium N (mg/kg)	7.5		
Nitrate N (mg/kg)	17.0		
pH-KCl	4.3	5.5 - 6.9	Tendencia a acidez (encalar).
C.I.C. (meq/100g)	2.6	15 - 39.9	
Clase de Textura	FLA		
Organic Matter (LOI) (%)	4.2		
Sodio(meq/100g)	0.08	0.25 - 0.74	
Potasio(meq/100g)	0.17	0.5 - 1.49	Elevar los aportes de K <sub>2</sub> O en al menos 700 kg/ha/año
Magnesio(meq/100g)	0.25	1.9 - 5.79	Elevar los aportes de MgO en al menos 100 kg/ha/año
Calcio(meq/100g)	0.93	7 - 18.99	Elevar los aportes de CaO soluble en al menos 200 kg/ha/año.
Mineral N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> ) (mg/kg)	24.5	35 - 69.9	Elevar los aportes de N en al menos 350 kg/ha/año
Fósforo (ppm)	3	20 – 39	Elevar los aportes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en al menos 80 kg/ha/año
Azufre (ppm)	7	8 – 19	Elevar los aportes de S en al menos 80 kg/ha/año.
Boro (ppm)	0.76	1 - 1.59	Elevar los aportes de B aplicando de 2 a 3 lt/ha/año
Cobre (ppm)	4.6	6 - 9.9	Aplicar fertilizantes edáficos que aporten Cu.
Hierro (ppm)	164	20 – 49	
Manganeso (ppm)	13	22 – 52	Aplicar fertilizantes edáficos que aporten Mn en bajas dosis
Zinc (ppm)	1.3	4 - 7.9	Elevar los aportes de Zn aplicando de 4 a 5 lt/ha/año

Así, la relación nítrico:amoniaco está en 69:31 %, lo ideal de acuerdo con Yara (2023), es mantenerla en 70:30 %.

El pH en este suelo está en 4.3 con tendencia a la acidez, los rangos óptimos se manejan entre 5.5 hasta 6.9 para este cultivo, esto en concordancia con Sadeghian (2018) quien, además advierte de los graves daños a las plantas cuando tenemos valores por debajo de los rangos adecuados, por ejemplo, la disponibilidad de aluminio intercambiable que es tóxico para los cafetales.

En cuanto a C.I.C., está en 2.6 meq/100g considerada pobre cuando el rango ideal está establecido entre 15 y 39.9 meq/100g causada por la clase textural a la cual corresponde franco

limo arcilloso (FLA), con porcentajes distribuidos de la siguiente forma: arena 49.89%, limo 35.70% y arcilla 14.41% lo que significa de acuerdo con Sadeghian (2018), que al tener mayor porcentajes de Limo y Arena respectivamente y baja cantidad de arcillas la capacidad de intercambio iónico es menor y por tanto hay tendencia a lavado de nutrientes en ese suelo.

La materia orgánica, tiene un valor de 4.2% el autor Valencia (2000), considera que está dentro de los parámetros de manejo considerados normales.

Las bases son bajas, el potasio (K), se ubica en 0.17 meq/100g, el Magnesio (Mg), en 0.25 meq/100g y el Calcio (CaO), en 0.93 meq/100g, así también las relaciones entre estas bases, conforme con Yara (2023), quien establece las relaciones ideales de bases así: Ca/Mg 3.38 meq/100g, Ca/K 13.06 meq/100g y Ca+Mg/K 16.92 meq/100g.

Fosforo (P), se encuentra bajo con un valor de 3 ppm (partes por millón), los valores óptimos están entre 20 y 39 ppm. La explicación en concordancia con Yara (2023), es que este elemento particularmente es poco retenido por el suelo y muy fácil de lixiviarse por lluvias excesivas o riegos pronunciados. Es inmóvil en el suelo y si no está presente en la zona de raíces, no será tomado por ellas.

Los valores de Azufre (S), están en 7 ppm y los valores ideales oscilan entre 8 y 19 ppm, al igual que el Boro (B) 0.76 ppm y el Zinc (Zn) 2 ppm, cuyos valores están por debajo de los ideales que son 1 a 1.59 ppm y 4 a 7.9 ppm respectivamente. De acuerdo con Yara (2023), cuando tenemos limitados los micronutrientes Boro y Zinc, sucede que se acentúa la posibilidad de una caída de flores y alto porcentaje aborto de frutos.

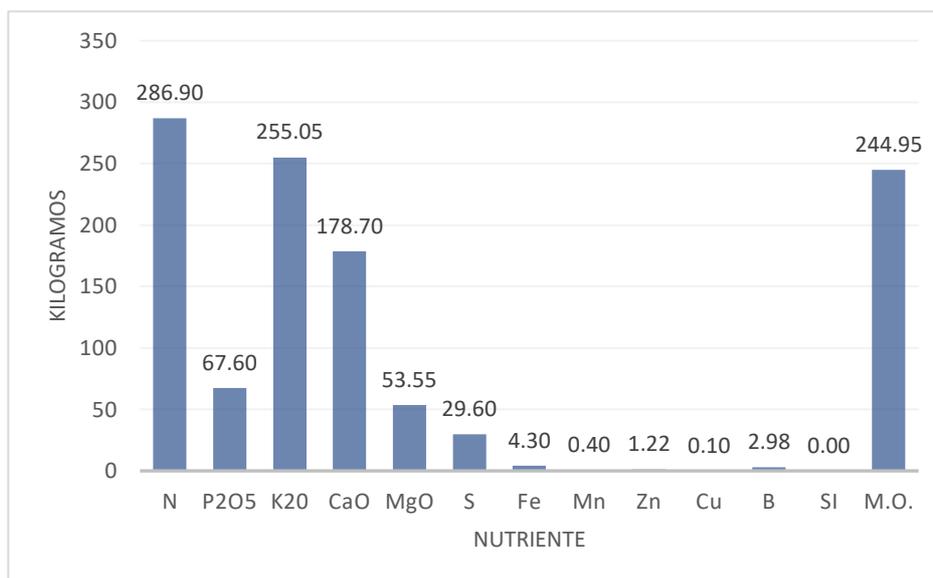
El Manganeso está en 13 ppm considerado bajo, el óptimo está entre 22 a 52 ppm. La deficiencia de este nutriente menor significa según Sadeghian (2013), hojas más grandes de lo normal, de color verde claro y las nervaduras verdes oscuras.

Ahora tenemos dentro del segundo objetivo el análisis de los programas nutricionales calculados para cada lote, variedad, edad del cultivo y cantidad de plantas sembradas por hectárea.

En la Figura 28 observamos y analizamos el plan nutricional propuesto, donde se determinan las cantidades de productos de acuerdo con el estado fenológico de las plantas de café variedad Typica Mejorada.

**Figura 28.**

*Interpretación del programa de nutrición en café variedad Typica Mejorada de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



La relación N:K es de 53:47 ubicándose casi en el ideal que sería 1:1 para el cultivo de café, esto es muy importante debido a que son los dos nutrientes que más extrae este cultivo, corroborando lo mencionado por el autor Navarro (2022), se demuestra que el K y N son los nutrimentos con más extracción.

En cuanto a la relación  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  el valor ideal para café está establecido por Yara (2023), en 70:30% y para el caso de este lote se ubicó en 67:33% muy cercano al objetivo. La inicial en el análisis fue de 55:45 % lo cual sugiere que el plan nutricional está balanceado.

De acuerdo con el resultado obtenido de pH inicial 4.5 lo coherente es no utilizar fertilizantes de reacción ácida ( $\text{SO}_4\text{NH}_4$  y Urea), los cuales dañarían más este parámetro, por ello el programa de nutrición se basa en Nitratos.

La C.I.C. dentro del análisis de suelo llega a 7.6 considerada baja, en el programa nutricional hacemos énfasis en incrementar la cantidad de M.O. con el propósito de mejorar este parámetro y lograr una mejor interacción de elementos en el suelo y su disponibilidad.

Al escoger la fuente de fósforo se buscó una que tenga una característica que pueda mantenerse en los períodos de mayor demanda en concordancia con Sadeghian (2013), quien se refiere a que durante la prefloración es importante el abastecimiento de este elemento y

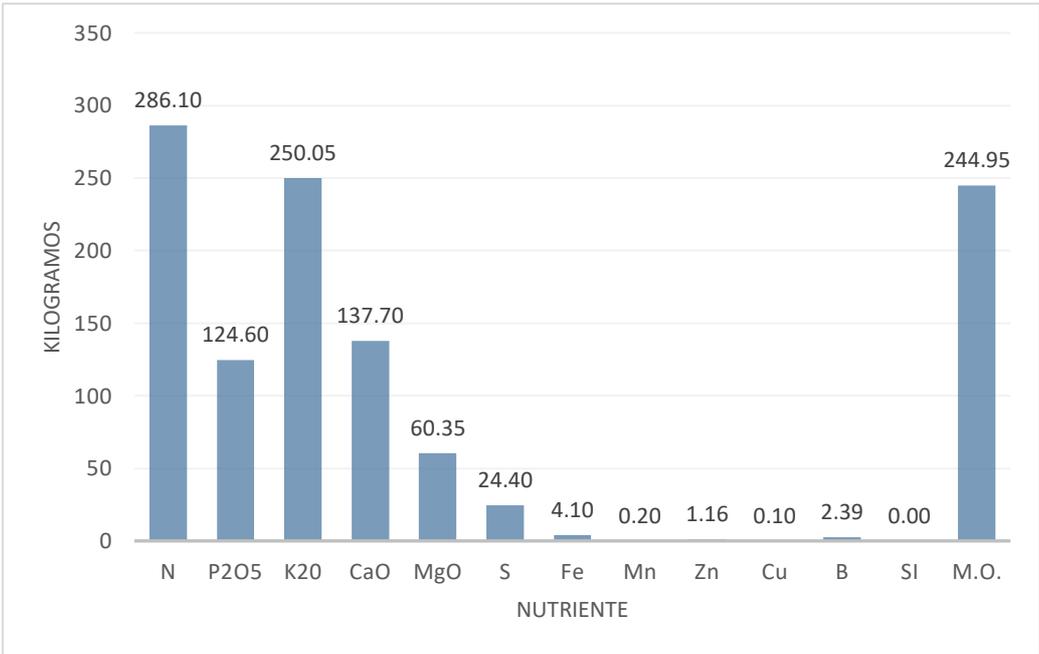
adicional cuando existen pH bajos no se asimila y por el contrario es desplazado por el aluminio que es tóxico para las plantas.

Todas las fuentes escogidas tienen Azufre, Manganeseo, Boro y Zinc en sus formulaciones para garantizar el abastecimiento de estos nutrientes a las plantas en las épocas que los requieren.

Luego revisemos la Figura 29 analizamos el plan nutricional propuesto, donde se determinan las cantidades de productos de acuerdo con el estado fenológico de las plantas de café variedad Geisha.

**Figura 29.**

*Interpretación del programa de nutrición en café variedad Geisha de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



La relación N:K es de 53:47 ubicándose casi en el ideal que sería 1:1 para el cultivo de café, esto es muy importante debido a que son los dos nutrientes que más extrae este cultivo, corroborando lo mencionado por el autor Navarro (2022), en sus conclusiones dice que se demuestra que el K y N son los nutrimentos con más extracción.

Para el caso de esta variedad y sitio la relación NO3:NH4 se ubicó en 65:35% muy cercano al valor ideal para café 70:30% y ratificado por Yara (2023). La relación en el plan nutricional está balanceada.

El resultado obtenido de pH inicial es de 4.1 lo ideal es no utilizar fertilizantes de reacción ácida ( $\text{SO}_4\text{NH}_4$  y Urea), los que alteran este indicador, por ello el programa de nutrición se basa en nitratos.

La C.I.C. dentro del análisis está en 30.2 considerada normal y también en el programa nutricional hacemos énfasis en incrementar la cantidad de M.O. con el propósito de mantener este parámetro y lograr una mejor interacción de elementos en el suelo y su disponibilidad.

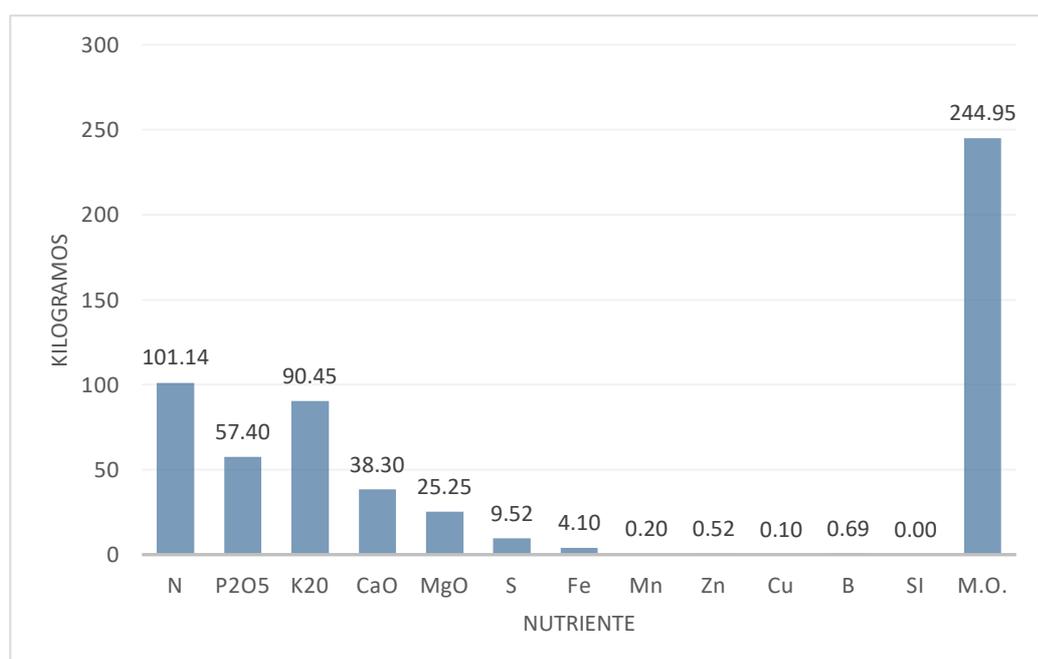
Al escoger la fuente de fósforo se buscó una que tenga una característica que pueda mantenerse presente en el suelo por períodos extendidos y cuando suceda una mayor demanda, en concordancia con Sadeghian (2013), quien se refiere a que durante la prefloración es importante el abastecimiento de este elemento y adicional cuando existen pH bajos no se asimila y por el contrario es desplazado por el aluminio que es tóxico para las plantas.

Todas las fuentes escogidas tienen Azufre, Boro y Zinc en sus formulaciones para garantizar el abastecimiento de estos nutrientes a las plantas en las épocas que los requieren.

En la Figura 30 analizamos el plan nutricional, donde se determinan las cantidades de productos de acuerdo con el estado fenológico de las plantas de café variedad Geisha a sembrar.

**Figura 30.**

*Interpretación del programa de nutrición en café variedad Geisha, a sembrar de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Al revisar la relación N:K es de 53:47 llegando al ideal que es 1:1 para el cultivo de café, esto es muy importante debido a que son los dos nutrientes que más extrae este cultivo, corroborando lo mencionado por el autor Navarro (2022), en sus conclusiones dice que se demuestra que el K y N son los nutrimentos con más extracción.

La relación  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  se ubicó en 60:40% para este caso y el ideal para café 70:30%, ratificado por Yara (2023). La relación en el plan nutricional está balanceada.

El pH inicial es de 4.4 con alta tendencia a la acidez, cuando el ideal es 5.5 a 6.9 por lo cual el programa de nutrición se basa en nitratos, no se debe usar fertilizantes de reacción ácida ( $\text{SO}_4\text{NH}_4$  y Urea), los cuales dañarían más este valor.

La C.I.C. está en 11.6 considerada baja y por ello en el programa nutricional hacemos hincapié en subir las aplicaciones de M.O. con el propósito de incrementar este parámetro y lograr una mejor interacción de elementos en el suelo y su disponibilidad.

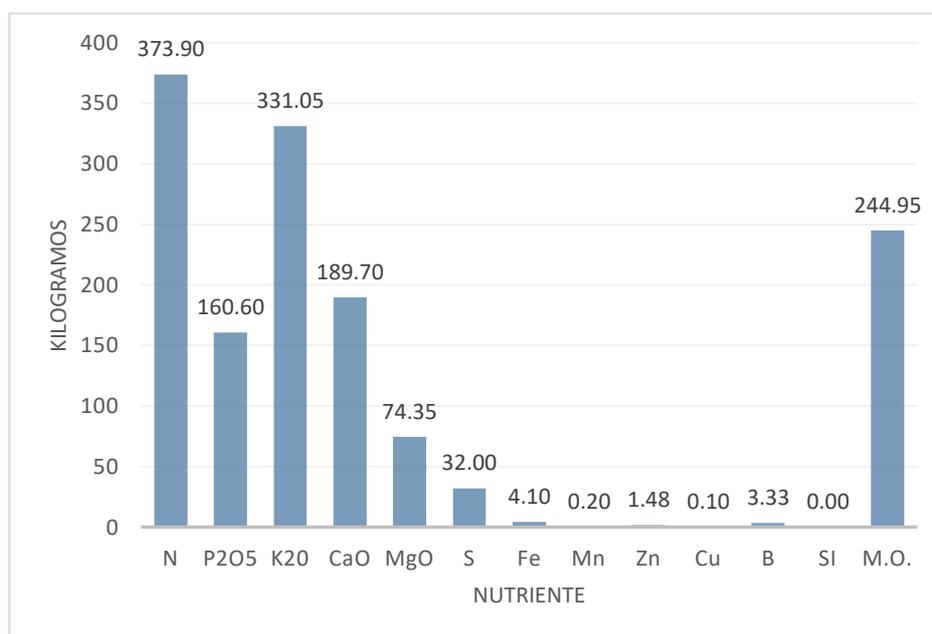
Al escoger la fuente de fósforo se buscó una que tenga una característica que pueda mantenerse presente en el suelo por períodos extendidos y cuando suceda una mayor demanda, en concordancia con Sadeghian (2013), quien se refiere a que durante la prefloración es importante el abastecimiento de este elemento y adicional cuando existen pH bajos no se asimila y por el contrario es desplazado por el aluminio que es tóxico para las plantas.

Todas las fuentes escogidas tienen Azufre, Boro y Zinc en sus formulaciones para garantizar el abastecimiento de estos nutrientes a las plantas en las épocas que los requieren.

Seguido analizamos el programa nutricional en la Figura 31, donde se determinan las cantidades de productos de acuerdo con el estado fenológico de las plantas de café variedad Catucaí.

**Figura 31.**

*Interpretación del programa de nutrición en café variedad Catucaí de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



La relación N:K es 53:47 muy cercano al ideal que es 1:1 para el cultivo de café, esto es muy importante debido a que son los dos nutrientes que más extrae este cultivo, corroborando lo mencionado por el autor Navarro (2022), en sus conclusiones dice que se demuestra que el K y N son los nutrimentos con más extracción.

Cuando observamos la relación  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  se ubicó en 67:33% el ideal para café es 70:30%, ratificado por Yara (2023). Entonces la relación en el plan nutricional está balanceada.

Al revisar el pH inicial es 4.2 con tendencia a la acidez, cuando el ideal se ubica- entre 5.5 a 6.9 ante esta situación no se debe usar fertilizantes de reacción ácida ( $\text{SO}_4\text{NH}_4$  y Urea), por ello el programa de nutrición se basa en nitratos.

En lo referente a la C.I.C. está en 6.9 muy baja, por aquello en el programa nutricional se debe subir las aplicaciones de M.O. con el propósito de incrementar este parámetro y lograr una mejor interacción de elementos en el suelo y su disponibilidad.

Al escoger la fuente de fósforo se buscó una que tenga una característica que pueda mantenerse presente en el suelo por períodos extendidos y cuando suceda una mayor demanda, en concordancia con Sadeghian (2013), quien se refiere a que durante la prefloración es

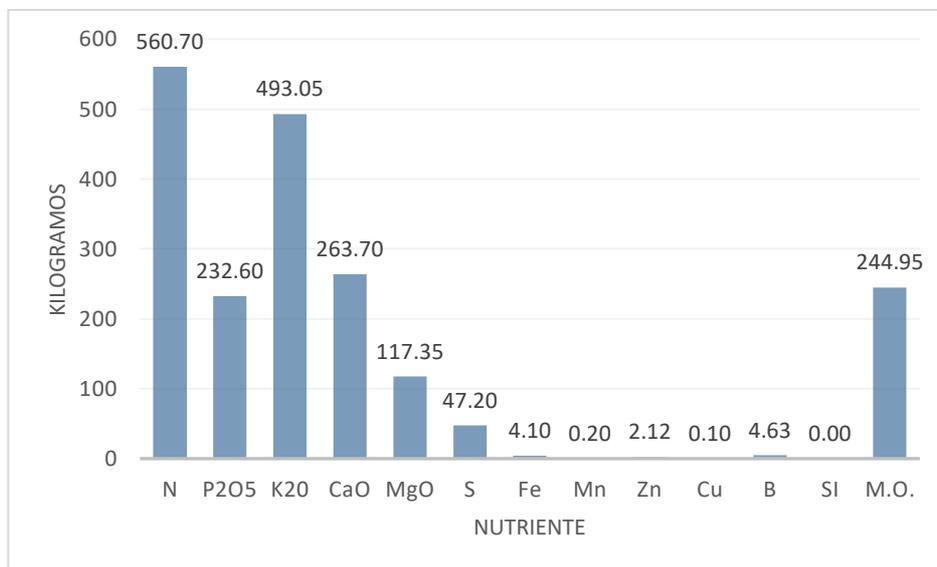
importante el abastecimiento de este elemento y adicional cuando existen pH bajos no se asimila y por el contrario es desplazado por el aluminio que es tóxico para las plantas.

Todas las fuentes escogidas tienen Boro y Zinc en sus formulaciones para garantizar el abastecimiento de estos nutrientes a las plantas en las épocas que los requieren.

En el detalle del plan nutricional en la Figura 32, se determinan las cantidades de productos de acuerdo con el estado fenológico de las plantas de café variedad Sidra.

**Figura 32.**

*Interpretación del programa de nutrición en café variedad Sidra de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*



Al revisar la relación N:K es 53:47 muy cercano al ideal que es 1:1 para el cultivo de café, esto es muy importante debido a que son los dos nutrientes que más extrae este cultivo, corroborando lo mencionado por el autor Navarro (2022), en sus conclusiones dice que se demuestra que el K y N son los nutrimentos con más extracción.

La relación  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  se ubicó en 69:31% el ideal para café es 70:30%, ratificado por Yara (2023). Entonces la relación en el plan nutricional está balanceada.

El pH inicial es 4.3 con alta tendencia a la acidez, cuando el ideal se está entre 5.5 a 6.9 y por eso no se debe usar fertilizantes de reacción ácida ( $\text{SO}_4\text{NH}_4$  y Urea), los cuales dañarían aún más este indicador, por ello el plan de nutrición se basa en nitratos.

En lo referente a la C.I.C. está en 2.6 muy baja, por aquello en el programa nutricional se debe aplicar M.O. con el fin de incrementar este parámetro y lograr una mejor interacción de elementos en el suelo y su disponibilidad.

Al escoger la fuente de fósforo se buscó una que tenga una característica que pueda mantenerse presente en el suelo por períodos extendidos y cuando suceda una mayor demanda, en concordancia con Sadeghian (2013), quien se refiere a que durante la prefloración es importante el abastecimiento de este elemento y adicional cuando existen pH bajos no se asimila y por el contrario es desplazado por el aluminio que es tóxico para las plantas.

Todas las fuentes escogidas tienen Azufre, Manganeso, Boro y Zinc en sus formulaciones para garantizar el abastecimiento de estos nutrientes a las plantas en las épocas que los requieren.

### **7.3. Plan de capacitación**

Para el cumplimiento del tercer objetivo se realizará el plan de capacitación y educación a los productores de café sobre la importancia de la nutrición balanceada, análisis de suelos, toma de muestras, resultados e interpretación, el plan nutricional con base en análisis, tipos de fertilizantes y nutrición orgánica, aplicación de fertilizantes 4 R de la nutrición y la evaluación y ajuste de fórmulas de nutrición.

## 8. Conclusiones

Se establece un programa de nutrición balanceado para café realizado a partir de análisis fisicoquímicos de suelos, que permite lograr un beneficio en el rendimiento del cultivo, por su eficiencia ambiental y sostenibilidad. El plan está técnicamente formulado para evitar la contaminación por sobre dosificación, disminuir la contaminación del ambiente y tener eficiencia económica. Además, es reproducible y replicable por agricultores del sector.

Al cumplir con la metodología de las 4R de la fertilización se conectan con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), #1. Fin de la pobreza, #3 Salud y Bienestar, #11 Ciudades y Comunidades Sostenibles, #12 Producción y Consumo Responsables y #13 Acción por el Clima, cuando somos eficientes con la nutrición en el cultivo de café.

Los suelos de la finca “El Alisal” presentan una textura franco-limo-arcillosa, con un pH promedio de 4.0 que es bajo con tendencia a la acidez, este se debe corregir para lograr una adecuada nutrición.

La relación ideal N:K para el cultivo de café dentro del plan nutricional trabajado en esta investigación es 1:1, para lograr rendimientos óptimos y considerando que los estos dos elementos nitrógeno y potasio son los que en mayor cantidad extrae el cultivo y marcaran una diferencia significativa en cuanto a la productividad y calidad final. De igual manera el balance a manejar en la relación  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  cuya meta es 70:30% es de gran realce cuando queremos mejorar la calidad y productividad en el cultivo de café.

Incrementando los niveles de M.O. en los suelos de la finca estudiada se mejora la capacidad de intercambio catiónico y por ende la disponibilidad de nutrientes; lo cual significa mejor absorción y calidad de taza como resultado del balance nutricional y el manejo agronómico empleado con labores culturales realizadas a tiempo y de acuerdo con la fenología del cafetal.

Los programas de manejo nutricional fueron elaborados para cada variedad, edad del cultivo, cantidad de plantas y estado fenológico (extracción). Así, la variedad Typica Mejorada que está en prefloración, de dos años de sembrada, la recomendación nutricional es de 359 g/planta/año. Para la variedad Geisha de un año desde la siembra, la propuesta nutricional es de 479 g/planta/año en etapa de prefloración, al ser una planta de alta productividad, requiere mayor cantidad de nutrientes que la anterior. En el caso de Geisha nueva (a plantar), la recomendación nutricional se ajusta a esta etapa de trasplante con 360g/planta/año. La variedad

Catucai de 5 años de plantada y que está en estado fenológico prefloración y llegado de grano, la sugerencia de nutrición es 453 g/planta/año y para la variedad Sidra de 1 año de sembrada, en estado fenológico prefloración y llenado, la recomendación nutricional es de 456 g/planta/año.

Con la aplicación del plan nutricional se logra incrementar la productividad a 1ton/ha (20 qq/ha). Los costos del pan nutricional son de aproximadamente \$.7.025,00, teniendo al final del año una ganancia total de \$. 42.200,00 presentando una relación beneficio/costo igual a \$.6,01. Esto significa que, por cada dólar invertido se recupera un dólar; y se obtiene una ganancia de \$. 5,01 lo cual constituye un proyecto rentable.

A través del plan de capacitaciones se logrará impartir a los productores los conocimientos sobre las características de los suelos y nutrición adecuados para las plantaciones de café.

## 9. Recomendaciones

Realizar estudios de curvas de extracción de nutrientes por variedad para ser más precisos con las recomendaciones de nutrición.

Para suelos con texturas franco-limo-arcillosos un factor que debemos tomar en cuenta es el pH que está en 4.3 en promedio en los lotes analizados, considerado moderadamente ácido, por consiguiente, es necesario realizar una aplicación de cal dolomita a una dosis de 1 ton/ha/año en todos los lotes de café de la finca. Se sugiere utilizar siempre fuentes fertilizantes edáficos de reacción alcalina y evitar el uso de urea y sulfato de amonio en su totalidad.

Por otro lado, los contenidos de micronutrientes a excepción del Boro y Zinc están en rangos adecuados, por lo que se recomienda aplicar estos nutrientes (Boro y Zinc) mediante fertilizantes foliares.

Se recomienda este plan nutricional para otras extensiones más grandes debido a que está calculado en función a la extracción de nutrientes por elemento y balanceado en cuanto se refiere a las relaciones entre ellos.

A través de la tecnología se propone el desarrollo de una APP como un proyecto a futuro con financiamiento de una empresa transnacional formuladora de fertilizantes, que brindará la herramienta de difusión del plan nutricional a los productores y quienes encuentren útil la misma.

## 10. Bibliografía

- Anecafé. (2017). Rendimientos de café grano seco en el Ecuador. ANECAFE, pág. 1.
- Araque Salazar, H., & Duque, H. (2019). Variables agronómicas determinantes de la productividad del cultivo de café en fincas del departamento de Caldas. *Revista Cenicafé*, 70(1), 81-92.
- Bedoya Cardoso, M., & Salazar Moreno, R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(SPE8), 1433-1439.
- Canet Brenes, G., Soto Viquez, C., Ocampo Thomason, P., Rivera Ramírez, J., Navarro Hurtado, A., Guatemala Morales, G., & Villanueva Rodríguez, S. (2016). La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe.
- Carrillo, I., Suarez, S., & Sanz, J. R. (1995). Cómo obtener una buena muestra para el análisis de suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Chango. M., García. J. (2021). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *X-Pedientes Económicos*, Vol. 5 (12), Mayo – agosto 2021, pp. 65
- Comité Europeo para la Formación y la Agricultura. CEFA. (2023). Cadena de Valor del Café. Café – CEFA Ecuador
- Flórez, C. P., Ibarra, L. N., Gómez, L. F., Carmona, C. Y., Castaño, A., & Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. *Cenicafé*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Fundochamba. (2020). Información Geográfica y Poblacional.
- Havlin. J., Tisdale, S., Nelson, W., & Beaton. J. (2017). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (8th ed.). Pearson.

International Coffee Organization. (2023). Coffee Report and Outlook (CRO). April 2023. Pág. 3.

Jiménez Ramirez T. (2021). Fertilización Edáfica y Foliar en el Rendimiento Productivo del Café Criollo (*Coffea Arabica* L).

Linares Ruíz B. (2017). Determinación y evaluación del porcentaje de sombrero de especies forestales que se encuentran como sombrero del café (*Coffea arábica*) variedad castillo, en la vereda Murca del municipio de Gachalá-Cundinamarca.

Mejía Quintana L. & Palma Echerrez C. (2023). Fertilización química y orgánica de tres variedades de café (*Coffea arabica*) (Bachelor's tesis), Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.

Mengel K y Kirkby E.A. (2000). Principios de Nutrición Vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza. 1ra. Edición en español.

Mera Cedeño Á. (2022). Respuesta agronómica a un plan de fertilización del cultivo de café (*Coffea*) en el sector Sacha Wiwa, parroquia Guasaganda, cantón La Maná (Bachelor's tesis), Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). Zonificación Agroecológica Económica del Cultivo de Café (*Coffea* spp.) en el Ecuador Continental a Escala 1:250 000 Resumen Ejecutivo. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). Informe de Rendimientos Objetivos de Café (Grano Oro) 2021. Dirección de Análisis de la Información Agropecuaria Un producto: Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria. [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). Boletín Situacional Cultivo de Café. Av. Amazonas y Av. Eloy Alfaro Código Postal: 170516 / Quito - Ecuador. Piso 5. Teléfono: 593-2 396-0100 Ext: 3125 [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)

- Monge. L. (1999). Manejo de la Nutrición y Fertilización del cultivo de café orgánico en Costa Rica. In XI Congreso Nacional Agronómico/III Congreso Nacional de Suelos (pp. 175-191).
- Navarro Mora, A. (2022). Determinación de la curva de extracción de nutrientes de los frutos de café (*Coffea arabica* L.) en el cultivar Obatá, en la zona de Los Santos.
- Norman Mora, S. (2008). Agro cadena de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Hueta Norte.
- Moran. N. (2023). Manejo de los factores de producción del cultivo de café (*Coffea arabica*) en el Ecuador” (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023).
- Muñoz. D., Vega. E., Lozada. E., & Cunuhay. K. (2022). Respuesta agronómica de dos variedades de café (*coffea canephora*) en dos pisos climáticos con diferentes necesidades nutricionales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 3102-3115.
- Muñoz Ordoñez J. (2022). Título diseño de un modelo de negocios para el consejo regulador de la denominación de origen" lojano café de origen", en la provincia de Loja, Ecuador.
- Organización Internacional del Café. OIC. (2023). Informe el mercado de café diciembre 2023. <https://icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0423-c.pdf>
- Piedra Naranjo P. (2015). Guía de Muestreo de Nematodos Fitoparásitos en Cultivos Agrícolas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA-Costa Rica).
- Pozo Cañas, M. A. (2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000-2011 (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).
- Sadeghian, S., & González, H. (2012). Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café Cenicafé Manizales, Caldas, Colombia. ISSN - 0120 – 0178.

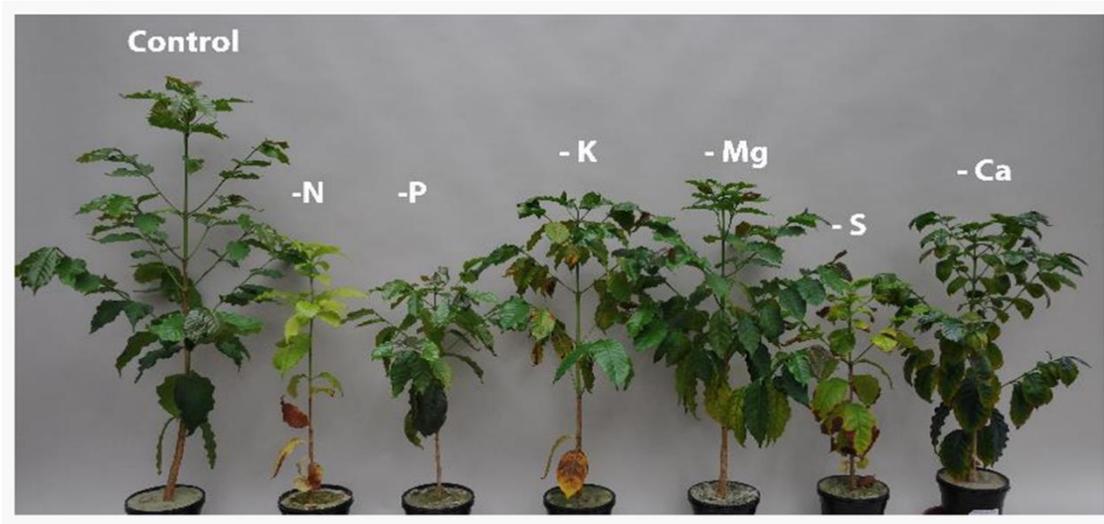
- Sadeghian Siavosh. (2013). Nutrición de cafetales. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 2, pp. 85– 116). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_20](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_20)
- Sadeghian Siavosh. (2017). Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en café: Diagnóstico y manejo. Avances Técnicos Cenicafé, 1-12.
- Sadeghian Siavosh. (2018). Interpretación de los resultados de análisis de suelo Soporte para una adecuada nutrición de cafetales. Avances Técnicos Cenicafé, 497, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0497>
- Sadeghian Siavosh. (2020). Análisis foliar. Una guía para evaluar el estado nutricional del café. Disciplina de Suelos, Cenicafé Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé Manizales, Caldas, Colombia. DOI (Digital Object Identifier) <https://doi.org/10.38141/10779/0515>.
- Sadeghian Siavosh. (2022). Nutrición del café. Consideraciones para el manejo de la fertilidad del suelo. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0017>
- Sánchez Reinoso A. (2022). Rendimiento y estado nutricional del café (*Coffea arabica* L.) en respuesta a aplicación de biocarbón (Doctoral disertación, Universidad Nacional de Colombia).
- Sela Guy. (2023). Fertilización y Riego. Teoría y Mejores Prácticas. Pág. 10-58. ISBN-13: 979-8756945706
- Sociedad de Hecho Denominación de Origen Café de Loja, Ecuador. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una denominación de origen. Loja. 87 p.
- Solano Ajila W. (2017). Efecto de la fertilización mineral, orgánica y foliar en la fenología del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) En vivero y con diferentes variedades (Bachelor's thesis).

- Toledo, D. (2015). Estudio de las características organolépticas del café que se procesa en las casas cafetaleras en la Provincia de Loja. Monografía. Universidad de Cuenca. Cuenca.
- Valencia. G. (2000). Fisiología, nutrición y fertilización del café. International Plant Nutrition Institute, 1(1), 1–10.
- Velasquez, R. (2019). Guía de variedades de café. Guatemala. Informe no. 49.
- Villamagua, M. A., Castillo, M. G. G., Sarango, R. D. C. R., Vásquez, E., Manosalvas, C. A. V., & Erraez, R. M. M. (2021). Efecto del encalado sobre la acidez del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del café (*Coffea arabica* L.) en Pueblo Nuevo, cantón Loja, Ecuador. Bosques Latitud Cero, 11(1), 166-180.
- Yara International. (2023). Manual básico de nutrición vegetal y suelos. ASA Bygdøy allé 2. N-0202, Oslo, Norway [www.yara.com](http://www.yara.com)

## 11. Anexos

### Anexo 1.

*La “Ley del mínimo” (Liebig, 1843) explica que el crecimiento de una planta es proporcional a la cantidad del nutriente limitante. El crecimiento (producción) se incrementarán si la cantidad del nutriente limitante es suministrada.*



*Nota: Tomado de Sadeghian (2013).*

## Anexo 2.

### Requerimientos agroecológicos para el cultivo de café (*Coffea spp.*) en el Ecuador continental

FACTOR	VARIABLE	APTITUD AGROECOLÓGICA			
		ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
SUELO	Pendiente	0 a 25%	25 a 50%	50 a 70%	> 70%
	Textura	Franco, limoso, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso, Franco arcillo limoso, Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso	Franco arenoso, Franco limoso, Arenosa, Arenoso franco	Arenosa (fina, media, gruesa)	Arcilloso (> 60%)
	Profundidad	Profundo	Moderadamente profundo	Poco profundo	Superficial
	Pedregosidad	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes, Pedregoso a rocoso
	Drenaje	Bueno	Moderado	Mal Drenado	Excesivo
	Nivel freático	Profundo	Medianamente profundo	Poco profundo	Superficial
	pH	Ligeramente ácido, Neutro	Acido	Moderadamente alcalino	Muy ácido, Alcalino
	Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	MLO	Muy alto, Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
	Salinidad	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy alta
Fertilidad	Alta	Media	Baja	Muy Baja	
CLIMA	Precipitación (mm/año)	800 - 2000a 2000-3000r	500-800 y 2000-2500a 3000-3500r	(-)*	>500 >3000a > 4000r
	Temperatura (°C)	17-23a 20 -26r	16-17 y 23-24a 18 -20r	(-)* 17-18	<16 > 24a <17r
	Altitud (m.s.n.m.)	400 -1800a 0 - 600r	0 - 400 y 1800 - 2000a (-)*	(-)*	> 2000a > 600r

Fuente: MAGAP/INIAP, 2013, Adaptado de "Guía Técnica de Cultivos", Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2008, Quito.  
\* Las celdas en blanco (-) indican que para la variable evaluada su atributo morfoedafológico no corresponde a ninguna de las clases de aptitud de uso evaluadas, debido a los requerimientos de cultivo o a que en la base de datos este atributo no se define en estos rangos.

a: rangos para cultivares de café Arábigo  
r: rangos para cultivares de café Robusta

Nota: los requerimientos del Café aquí presentados son únicamente referenciales para todo el Ecuador continental, y no deben considerarse como la recomendación óptima para explotaciones a nivel de finca, ya que podrían variar de acuerdo a la región y a las variedades utilizadas.

Nota: Tomado de MAGAP-INIAP (2014).

### Anexo 3.

*Encuesta a productores de café de la parroquia Fundochamba, cantón Quilanga, provincia de Loja*

ENCUESTA PRODUCTORES DE CAFÉ DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA - CANTÓN QUILANGA - LOJA			
1 Correo:			
2 ¿Cuál es el área de su cultivo?			
1-2 has	<input type="checkbox"/>	6-9 has	<input type="checkbox"/>
3-5 has	<input type="checkbox"/>	> 10 has	<input type="checkbox"/>
3 ¿Qué productividad tiene actualmente por hectárea?			
1-2 qq	<input type="checkbox"/>	6-9 qq	<input type="checkbox"/>
3-5 qq	<input type="checkbox"/>	> 10 qq	<input type="checkbox"/>
4 ¿Cuántos años tiene su finca de café?			
0-2 años	<input type="checkbox"/>	6-9 años	<input type="checkbox"/>
3-5 años	<input type="checkbox"/>	> 10 años	<input type="checkbox"/>
5 ¿Cómo describe el suelo en el que siembra su café?			
Pesado – arcilloso	<input type="checkbox"/>	Con pendiente	<input type="checkbox"/>
Suelto – arenoso	<input type="checkbox"/>	Suelo labrado	<input type="checkbox"/>
Franco – ligero	<input type="checkbox"/>	Profundo	<input type="checkbox"/>
Materia orgánica	<input type="checkbox"/>		
6 ¿Conoce alguna característica físico - química de su suelo?			
Textura	<input type="checkbox"/>	pH	<input type="checkbox"/>
Estructura	<input type="checkbox"/>	CIC	<input type="checkbox"/>
Porosidad	<input type="checkbox"/>	M.O.	<input type="checkbox"/>
7 ¿Cómo describe el clima de la zona?			
Invierno / Lluvias	<input type="checkbox"/>	Mayo - agosto	<input type="checkbox"/>
Verano / Viento	<input type="checkbox"/>	Septiembre - diciembre	<input type="checkbox"/>
Enero – abril	<input type="checkbox"/>		
8 ¿Fertiliza su cultivo y cuándo lo realiza?			
Si	<input type="checkbox"/>	Enero - abril	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Mayo - agosto	<input type="checkbox"/>
Mineral	<input type="checkbox"/>	Septiembre - diciembre	<input type="checkbox"/>
Orgánico	<input type="checkbox"/>		
9 ¿Qué tipo de fertilizantes utiliza para su café?			
Urea	<input type="checkbox"/>	Muriato de potasio	<input type="checkbox"/>
Nitratos	<input type="checkbox"/>	Sulfato de potasio	<input type="checkbox"/>
10-30-10	<input type="checkbox"/>	Micronutrientes	<input type="checkbox"/>
DAP	<input type="checkbox"/>		

10 ¿Qué tipo de semilla utiliza para la siembra de su cultivo?			
Certificada	<input type="checkbox"/>	Cosecha su semilla	<input type="checkbox"/>
Seleccionada	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
11 ¿Qué variedades de café cultiva?			
Bourbón Sidra	<input type="checkbox"/>	San Salvador	<input type="checkbox"/>
Geisha	<input type="checkbox"/>	Caturra	<input type="checkbox"/>
Típica mejorado	<input type="checkbox"/>	Otras	<input type="checkbox"/>
Catucaí	<input type="checkbox"/>		
12 ¿Qué densidad de siembra utiliza?			
4000 plantas/ha	<input type="checkbox"/>	7000 plantas/ha	<input type="checkbox"/>
5000 plantas/ha	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>
6000 plantas/ha	<input type="checkbox"/>		
13 ¿Realiza algún tipo de poda en su cafetal?			
Si	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Renovación	<input type="checkbox"/>
Formación	<input type="checkbox"/>	Sanitarias	<input type="checkbox"/>
		Otra	<input type="checkbox"/>
14 ¿Dispone de riego para su cultivo?			
Si	<input type="checkbox"/>	Aspersión	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>	Microaspersión	<input type="checkbox"/>
Surcos	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>
15 ¿Qué problemas fitosanitarios tiene generalmente en su cultivo?			
Broca	<input type="checkbox"/>	Ojo de pollo	<input type="checkbox"/>
Nemátodos	<input type="checkbox"/>	Botritis	<input type="checkbox"/>
Roya	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

*Nota:* Elaborado por el autor en herramienta Google Forms (2023).

## Anexo 4.

### Deficiencias de nutrientes en plantas de café

Nutriente	Síntomas de deficiencia
<p data-bbox="403 398 496 421">Nitrógeno</p>  	<ul data-bbox="758 439 1385 633" style="list-style-type: none"><li>• Clorosis o amarillamiento uniforme de las hojas más viejas</li><li>• Senescencia prematura y posterior defoliación en las ramas productivas<ul data-bbox="917 533 1225 555" style="list-style-type: none"><li>• Poca emisión de nuevos brotes</li></ul></li><li>• En casos severos, clorosis de las hojas más nuevas en la zona de producción seguida por la muerte descendente de las ramas y paloteo</li></ul>
<p data-bbox="403 687 496 710">Fósforo</p>  	<ul data-bbox="758 781 1385 860" style="list-style-type: none"><li>• Amarillamiento desuniforme en las hojas más viejas, acompañado de manchas rojizas</li><li>• Defoliación en casos severos</li></ul>
<p data-bbox="403 976 496 999">Potasio</p>  	<ul data-bbox="758 1077 1342 1137" style="list-style-type: none"><li>• Necrosis en la punta y los bordes de las hojas más viejas</li><li>• Defoliación en casos severos</li></ul>
<p data-bbox="403 1265 496 1288">Calcio</p>  	<ul data-bbox="758 1386 1299 1408" style="list-style-type: none"><li>• Clorosis en los bordes de las hojas más nuevas</li></ul>
<p data-bbox="403 1554 496 1576">Magnesio</p>  	<ul data-bbox="758 1655 1278 1715" style="list-style-type: none"><li>• Clorosis intervenal de las hojas más viejas</li><li>• Defoliación en las ramas productivas</li></ul>

Nutriente	Síntomas de deficiencia
<p data-bbox="411 241 475 268">Azufre</p> 	<p data-bbox="842 376 1232 403">Clorosis uniforme de las hojas más nuevas</p>
<p data-bbox="421 542 466 568">Boro</p> 	<ul data-bbox="740 613 1366 766" style="list-style-type: none"> <li>• Manchas de color café en los brotes (hojas nuevas)</li> <li>• Muerte de las yemas terminales y aparición de nuevos brotes</li> <li>• Hojas más viejas con color "verde aceituna" que se extiende desde el ápice hacia la base, en forma de "V" invertida</li> <li>• Tejido corchoso en las venas de las hojas más viejas</li> </ul>
<p data-bbox="421 846 466 873">Cinc</p> 	<ul data-bbox="794 958 1305 1021" style="list-style-type: none"> <li>• Hojas nuevas más pequeñas, lanceoladas y cloróticas <ul data-bbox="954 994 1145 1021" style="list-style-type: none"> <li>• Entrenudos cortos</li> </ul> </li> </ul>
<p data-bbox="389 1142 497 1169">Manganeso</p> 	<ul data-bbox="762 1267 1337 1317" style="list-style-type: none"> <li>• Hojas nuevas más grandes de lo normal, de color verde claro uniforme y las nervaduras de color verde más oscuro</li> </ul>
<p data-bbox="414 1447 472 1473">Hierro</p> 	<ul data-bbox="740 1568 1362 1617" style="list-style-type: none"> <li>• Hojas nuevas de color amarillo hasta verde pálido, con nervaduras verdes</li> </ul>

*Nota:* Tomado de Sadeghian (2013).

**Anexo 5.**

*Certificado de traducción*

Loja, 25 de diciembre de 2023

Yo, Silvia Dolores Chamba Sinche, con cédula de ciudadanía 1104058878 y con título de licenciada en ciencias de la educación en la especialidad de: idioma inglés, registrado en el SENESCYT con número 1008- 2016- 1699198

**CERTIFICO**

Que tengo el conocimiento requerido del idioma de inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Magister en Agronegocios Sostenibles titulado " Programa nutricional para mejorar la productividad y calidad del grano de café de exportación en la parroquia Fundochamba cantón Quilanga de la provincia de Loja", de la autoría del señor estudiante Ángel Manuel Loaiza Villavicencio, con cédula de ciudadanía 1103444913, siendo el mismo verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Se autoriza al interesado hacer uso de la misma para los trámites que crea convenientes.

Atentamente.

  
**Leda. Silvia Dolores Chamba Sinche**  
C.C. 1105111452