

# TOMO 1

## Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita UNESUM 2022



# TOMO 1

## **Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita UNESUM 2022**

Yhony Alfredo Valverde Lucio

Fernando Narciso Augusto Ayon Villao

Juan Miguel García Cabrera

Raquel Vera Velázquez

Carlos Alberto Castro Piguave

Blanca Soledad Indacochea Ganchozo

Diana Julissa Valverde Jalca

Paul Vicente Pionce Muñiz

*Autores Investigadores*



# TOMO 1

## Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita **UNESUM 2022**

### AUTORES

#### INVESTIGADORES

#### **Yhony Alfredo Valverde Lucio**

Ingeniero Agropecuario;  
Magíster en Gestión de Proyectos socio productivos;  
Especialista en Metodología de investigación;  
Doctorante de Biociencias agroalimentarias;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ yhonny.valverde@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-9792-9400>

#### **Fernando Narciso Augusto Ayon Villao**

Ingeniera Agrónomo; Magíster en Agroecología;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ fernando.ayon@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-4772-9344>

#### **Juan Miguel García Cabrera**

Ingeniero Agrícola; Magíster en Ingeniería Agrícola;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ juan.cabrera@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-6334-7744>

### **Raquel Vera Velázquez**

Licenciada en Educación en la Especialidad de Matemáticas;  
Máster en Ciencias de la Educación;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ vera-raquel@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0000-0002-5071-7523>

### **Carlos Alberto Castro Piguave**

Ingeniero Agropecuario; Maestría en Gestión Ambiental;  
Doctorante en Ciencias Agrícolas;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ carlos.castro@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0000-0003-3180-2359>

### **Blanca Soledad Indacochea Ganchozo**

Ingeniero Forestal; Magister en Agroecología;  
Dr. C. (Doctor en Ciencias Forestales), PhD.;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ blanca.indacochea@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0000-0003-4741-2435>

### **Diana Julissa Valverde Jalca**

Ingeniero Forestal; Magíster en Estadística;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ diana.valverde@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0009-0006-2999-5891>

### **Paul Vicente Pionce Muñiz**

Médico Veterinario Zootecnista; Magíster en Producción Animal;  
Universidad Estatal del Sur de Manabí;  
Jipijapa, Ecuador;

✉ paulpionce@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0000-0002-3903-6567>

# TOMO 1

## Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita **UNESUM 2022**

### REVISORES

#### ACADÉMICOS

#### **María Esmeralda Cuzco Cruz**

Cursando PhD (Doctorado en Agricultura Protegida);  
Máster Universitario en Sanidad y Producción Vegetal;  
Docente de la Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ maria.cuzcoc@ug.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-2231-7626>

#### **Aldo José Loqui Sánchez**

Cursando PhD (Doctorado en Educación);  
Magíster en Riego y Drenaje;  
Ingeniero Agropecuario;  
Docente Facultad de Ciencias Agrarias;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ aldoloquis@ug.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-8953-5105>

# Catalogación Bibliográfica

Yhony Alfredo Valverde Lucio  
Fernando Narciso Augusto Ayon Villao  
Juan Miguel García Cabrera  
Raquel Vera Velázquez  
Carlos Alberto Castro Piguave  
Blanca Soledad Indacochea Ganchozo  
Diana Julissa Valverde Jalca  
Paul Vicente Pionce Muñiz

## AUTORES:

**Título:** Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita UNESUM 2022. Tomo 1

**Descriptor:** Agricultura; Suelo; Técnicas agrícolas; Café; Manabí.

**Código UNESCO:** 5102.01 Agricultura

**Clasificación Decimal Dewey/Cutter:** 630/V249

**Área:** Ciencias Agrícolas

**Edición:** 1<sup>era</sup>

**ISBN:** 978-9942-622-72-3

**Editorial:** Mawil Publicaciones de Ecuador, 2023

**Ciudad, País:** Quito, Ecuador

**Formato:** 148 x 210 mm.

**Páginas:** 267

**DOI:** <https://doi.org/10.26820/978-9942-622-72-3>

**URL:** <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/56>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico: **Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita UNESUM 2022. Tomo 1**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada bajo la modalidad de pares académicos y por el equipo profesional de la editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:  
**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.  
**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

**Director Académico:** Lcdo. Alejandro Plúa Argoti

**Dirección Central MAWIL:** Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

**Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador:** Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

**Dirección de corrección:** Mg. Ayamara Galanton.

**Editor de Arte y Diseño:** Lic. Eduardo Flores, Arq. Alfredo Díaz

**Corrector de estilo:** Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
UNESUM 2022**

# *Índices*

**Contenidos**



Introducción /pág 16

## **Capítulo I.**

### **Características del suelo cafetalero Manabita /pág 21**

- 1.1. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa de la provincia Manabí /pág 25
- 1.2. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí-Ecuador /pág 47
- 1.3. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón Paján de la provincia de Manabí Ecuador /pág 78
- 1.4. Caracterización físico químicas de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana de la provincia de Manabí Ecuador /pág 101

## **Capítulo II.**

### **Manejo del vivero de café /pág 145**

- 2.1. Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (*Coffea arábica*) en etapa de vivero /pág 146
- 2.2. Comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42 60 en etapa de vivero, al tamaño de bolsa /pág 170
- 2.3. Evaluación morfológica en etapa de vivero de dos híbridos de café arábigo (*Coffea arábica*), a la inclusión de abonos orgánicos en el sustrato /pág 199
- 2.4. Evaluación agronómica de 7 variedades de café arábigo en etapa de vivero /pág 222



**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
UNESUM 2022**

# *Índices*

**Figuras**



- Figura 1.1. Contenido de nitrógeno. /pág 35
- Figura 1.2. Contenido de fósforo. /pág 35
- Figura 1.3. Contenido de potasio. /pág 36
- Figura 1.4. Contenido de Calcio. /pág 36
- Figura 1.5. Contenido de magnesio. /pág 37
- Figura 1.6. Contenido de Azufre. /pág 37
- Figura 1.7. Niveles de Zn en fincas cafetaleras del cantón Jipijapa. /pág 38
- Figura 1.8. Contenido de Fe. /pág 39
- Figura 1.9. Contenido de Boro. /pág 39
- Figura 1.10. Contenido de pH de los suelos cafetaleros. /pág 40
- Figura 1.11. Contenido de materia orgánica. /pág 41
- Figura 1.12. Textura del suelo de la parroquia El Anegado. /pág 43
- Figura 1.13. Textura del suelo de la parroquia La América. /pág 43
- Figura 1.14. Textura de los suelos de la parroquia La Unión. /pág 44
- Figura 1.15. Textura de los suelos de la parroquia El Matal. /pág 44
- Figura 1.16. Suelos cafetaleros del cantón Jipijapa. /pág 44
- Figura 1.17. Capacidad de campo del cantón Jipijapa. /pág 45
- Figura 1.18. Contenido de N. /pág 58
- Figura 1.19. Contenido de (P). /pág 59
- Figura 1.20. Contenido de (K). /pág 60
- Figura 1.21. Contenido de (Ca). /pág 60
- Figura 1.22. Contenido de (Mg). /pág 61
- Figura 1.23. Contenido de (S). /pág 61
- Figura 1.24. Contenido de (Zn). /pág 62
- Figura 1.25. Contenido de (Cu). /pág 63
- Figura 1.26. Contenido de (Fe). /pág 64
- Figura 1.27. Contenido de (Mn). /pág 64
- Figura 1.28. Contenido de (B). /pág 65
- Figura 1.29. Contenido de pH. /pág 67
- Figura 1.30. Contenido de materia orgánica (M.O.). /pág 67
- Figura 1.31. Demograma clúster jerárquico. /pág 71
- Figura 1.32. Gráfico de dispersión. /pág 74
- Figura 1.33. Niveles de pH. /pág 85
- Figura 1.34. Contenido de  $\text{NH}_4$ . /pág 86
- Figura 1.35. Contenido de P. /pág 87
- Figura 1.36. Contenido de K. /pág 87
- Figura 1.37. Contenido de Ca. /pág 88
- Figura 1.38. Contenido de Mg. /pág 88
- Figura 1.39. Contenido de S. /pág 89

- Figura 1.40. Contenido de Zn. /pág 90
- Figura 1.41. Contenido de Cobre. /pág 90
- Figura 1.42. Contenido de Fe. /pág 91
- Figura 1.43. Contenido de Mn. /pág 91
- Figura 1.44. Contenido de B. /pág 91
- Figura 1.45. Contenido de M.O.%. /pág 92
- Figura 1.46. Contenidos de arena, limo y arcilla de los suelos cafetaleros del cantón Paján. /pág 93
- Figura 1.47. Demograma clúster jerárquico. /pág 94
- Figura 1.48. Gráfico de dispersión. /pág 97
- Figura 1.49. Contenido de (N). /pág 109
- Figura 1.50. Contenido de (P). /pág 110
- Figura 1.51. Contenido de (k). /pág 110
- Figura 1.52. Contenido de (Ca). /pág 111
- Figura 1.53. Contenido de (Mg). /pág 111
- Figura 1.54. Contenido de (S). /pág 112
- Figura 1.55. Contenido de (Zn). /pág 113
- Figura 1.56. Contenido de (Cu). /pág 113
- Figura 1.57. Contenido de (Fe). /pág 114
- Figura 1.58. Contenido de (Mn). /pág 114
- Figura 1.59. Contenido de (B). /pág 115
- Figura 1.60. Contenido de (pH). /pág 117
- Figura 1.61. Contenido de materia orgánica. /pág 117
- Figura 1.62. Dendograma del clúster jerárquico. /pág 120
- Figura 1.63. Gráfico de dispersión. /pág 123
- Figura 2.1. Materia seca. /pág 161
- Figura 2.2. Humedad. /pág 161
- Figura 2.3. Proteína. /pág 161
- Figura 2.4. Clorofila. /pág 162
- Figura 2.5. Clorofila - proteína. /pág 163
- Figura 2.6. Clorofilo - MS. /pág 164
- Figura 2.7. Línea de tendencia altura. /pág 165
- Figura 2.8. Tendencia N° de hojas. /pág 166
- Figura 2.9. Regresión lineal altura. /pág 166
- Figura 2.10. Tukey al 5 % variable altura. /pág 182
- Figura 2.11. Regresión lineal diámetro de tallo. /pág 183
- Figura 2.12. Prueba de Tukey al 5 % variable diámetro de tallo. /pág 183
- Figura 2.13. Tukey al 5 % variable número de hojas. /pág 184
- Figura 2.14. Tukey al 5 % variable, largo de hoja. /pág 185

- Figura 2.15. Tukey 5 %, Variable ancho de hojas. **/pág 186**
- Figura 2.16. Diámetro de tallo. **/pág 187**
- Figura 2.17. Altura de planta. **/pág 188**
- Figura 2.18. Tukey 5 %, variable longitud de raíz. **/pág 189**
- Figura 2.19. Tukey 5 % Diámetro de raíz. **/pág 190**
- Figura 2.20. Tukey 5 % Peso húmedo de raíz. **/pág 191**
- Figura 2.21. Tukey 5 % Peso seco de raíz. **/pág 192**
- Figura 2.22. Tukey al 5 % Variable altura de planta. **/pág 211**
- Figura 2.23. Análisis de regresión lineal. Altura de planta. **/pág 212**
- Figura 2.24. Tukey al 5 %, Variable número de hojas. **/pág 213**
- Figura 2.25. Tukey al 5 % de variable longitud de raíz. **/pág 214**
- Figura 2.26. Tukey 5 %, variable diámetro de raíz. **/pág 215**
- Figura 2.27. Tukey 5 %, variable peso de raíz húmeda. **/pág 216**
- Figura 2.28. Tukey 5 %, variable peso de raíz seca. **/pág 217**
- Figura 2.29. Tukey 5 %. Materia seca de raíz. **/pág 218**
- Figura 2.30. Regresión lineal altura de planta. **/pág 234**
- Figura 2.31. Regresión lineal diámetro de tallo. **/pág 235**
- Figura 2.32. Regresión lineal largo, Ancho y Número de hoja. **/pág 237**
- Figura 2.33. Regresión lineal largo, diámetro y peso húmedo de la raíz. **/pág 240**
- Figura 2.34. Porcentaje de plantas. **/pág 241**

**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
UNESUM 2022**

# *Índices*

**Tablas**



Tabla 1.1. Esquema del ANOVA. /pág 30

Tabla 1.2. Niveles de contenidos de macro y micro nutrientes de los suelos cafetaleros. /pág 31

Tabla 1.3. Métodos aplicados para análisis químico de suelos INIAP. /pág 33

Tabla 1.4. Análisis de normalidad de datos. /pág 33

Tabla 1.5. ANOVA de macronutrientes. /pág 34

Tabla 1.6. Análisis de varianza de contenido de micro minerales en suelos cafetaleros del sur manabita. /pág 38

Tabla 1.7. Tipos de suelo según su textura. /pág 42

Tabla 1.8. Métodos para determinar propiedades físicas del suelo. /pág 52

Tabla 1.9. Características físicas de los suelos. /pág 53

Tabla 1.10. Descriptivos cuantitativos de las características químicas del suelo. /pág 57

Tabla 1.11. Descriptivos macro nutrientes. /pág 58

Tabla 1.12. Descriptivos de micro nutrientes. /pág 62

Tabla 1.13. Relación (Ca /Mg). /pág 65

Tabla 1.14. Relación (Mg/K). /pág 66

Tabla 1.15. Relación (Ca+Mg) K. /pág 66

Tabla 1.16. Descriptivos de pH y materia orgánica del suelo. /pág 66

Tabla 1.17. Descriptivos características físicas, (texturas). /pág 68

Tabla 1.18. Parámetros descriptivos de textura. /pág 69

Tabla 1.19. Análisis de Varianza de clúster. /pág 71

Tabla 1.20. Análisis de componentes principales. /pág 73

Tabla 1.21. Descriptivos cuantitativos de las características químicas. /pág 83

Tabla 1.22. Macronutrientes. /pág 85

Tabla 1.23. Micronutrientes. /pág 89

Tabla 1.24. Descripción cuantitativa de las características físicas del suelo. /pág 92

Tabla 1.25. Análisis de varianza de clúster. /pág 95

Tabla 1.26. Análisis de componentes principales. /pág 96

Tabla 1.27. Descriptivos macro nutrientes. /pág 109

Tabla 1.28. Descriptivos de micronutrientes. /pág 112

Tabla 1.29. Relación (Ca/Mg). /pág 115

Tabla 1.30. Relación (Mg/K). /pág 116

Tabla 1.31. Relación (Ca+Mg)/K. /pág 116

Tabla 1.32. Descriptivos de pH y materia orgánica del suelo. /pág 116

Tabla 1.33. Descriptivos características físicas, (texturas). /pág 118

---

Tabla 1.34. Parámetros descriptivos de textura. /pág	118
Tabla 1.35. Análisis de varianza clústeres. /pág	121
Tabla 1.36. Análisis de componentes principales. /pág	122
Tabla 2.1. Características del experimento. /pág	152
Tabla 2.2. Análisis de varianza. /pág	152
Tabla 2.3. Resultado de los análisis de laboratorio. /pág	160
Tabla 2.4. Análisis de la Varianza. /pág	162
Tabla 2.5. Medidas resumen. /pág	163
Tabla 2.6. Correlación de Pearson. /pág	164
Tabla 2.7. Prueba de Duncan a nivel morfológico. /pág	166
Tabla 2.8. Tratamientos. /pág	175
Tabla 2.9. Características del experimento. /pág	176
Tabla 2.10. Análisis de varianza. /pág	176
Tabla 2.11. Análisis de normalidad. /pág	179
Tabla 2.12. ANOVA altura de planta. /pág	181
Tabla 2.13. ANOVA variable diámetro de tallo. /pág	182
Tabla 2.14. ANOVA de variable número de hojas. /pág	184
Tabla 2.15. ANOVA Largo de hojas. /pág	185
Tabla 2.16. ANOVA variable ancho de hoja. /pág	186
Tabla 2.17. Comportamiento morfológico de tratamientos. /pág	186
Tabla 2.18. ANOVA variable tamaño de raíz. /pág	188
Tabla 2.19. ANOVA Diámetro de raíz. /pág	189
Tabla 2.20. ANOVA peso húmedo de raíz. /pág	190
Tabla 2.21. ANOVA peso seco de raíz. /pág	191
Tabla 2.22. Correlación de Pearson. /pág	193
Tabla 2.23. Correlación de Pearson con p-valor. /pág	194
Tabla 2.24. Costo de producción unitario. /pág	196
Tabla 2.25. Tratamientos. /pág	205
Tabla 2.26. Características del experimento. /pág	205
Tabla 2.27. Análisis de varianza. /pág	206
Tabla 2.28. Análisis de distribución normal de los datos. /pág	210
Tabla 2.29. ANOVA variable altura de planta. /pág	211
Tabla 2.30. ANOVA variable diámetro de tallo. /pág	212
Tabla 2.31. ANOVA variable número de hojas. /pág	213
Tabla 2.32. ANOVA variable longitud de raíz. /pág	214
Tabla 2.33. ANOVA variable diámetro de raíz. /pág	215
Tabla 2.34. ANOVA variable peso húmedo de raíz. /pág	216
Tabla 2.35. ANOVA variable peso seco raíz. /pág	217
Tabla 2.36. ANOVA materia seca de raíz. /pág	218

- Tabla 2.37. Estimación de costos de producción por tratamientos. /pág 219
- Tabla 2.38. Tratamiento en estudio. /pág 228
- Tabla 2.39. Delineamiento experimental. /pág 229
- Tabla 2.40. Esquema del análisis de varianza. /pág 229
- Tabla 2.41. Análisis de normalidad de datos. /pág 232
- Tabla 2.42. Cuadrados medios de altura. /pág 233
- Tabla 2.43. Cuadrados medios de diámetro. /pág 235
- Tabla 2.44. Cuadrados medios largo de hoja. /pág 236
- Tabla 2.45. Cuadrados medios ancho de hoja. /pág 236
- Tabla 2.46. Cuadrados medio número de hojas. /pág 237
- Tabla 2.47. Cuadrados medios variable largo de la raíz. /pág 238
- Tabla 2.48. Cuadrados medios variable diámetro de la raíz. /pág 239
- Tabla 2.49. Cuadrados medio variable peso húmedo de la raíz. /pág 239
- Tabla 2.50. Costo de producción. /pág 241



**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
UNESUM 2022**

# *Introducción*



En las últimas décadas el sector mundial del café creció considerablemente a raíz del 65% de aumento en la demanda, con la crecida del consumo en economías emergentes y en países productores de café, además fue fuente de ingresos para más de 12 millones de fincas de todo el mundo, donde una cuarta parte están manejadas por mujeres empleado directamente en países productores a más de 25 millones de familias (Sette, Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero, 2019).

Ecuador es una gran región natural, la cual cuenta con las condiciones biofísicas particulares y específicas que permiten obtener una gran variedad y riqueza de recursos naturales, según (Saavedra, 2012) poseen una gran particularidad con la presencia de suelos aptos para el desarrollo de actividades agrícolas. Sin embargo, los suelos se han visto afectados por procesos morfodinámicos, tal es el caso de la erosión que se presenta tanto por procesos naturales o de origen humano. A lo largo de la historia los suelos ecuatorianos han sido aprovechados para el desarrollo de la agricultura por las condiciones favorables que se presentan, pero poco a poco la erosión se ha encargado desaparecer estos suelos (Romero, 2012).

El café, en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas, el 68% de esta área corresponde a la especie *Coffea arábica* y el 32% a *Coffea canephora* (PRO ECUADOR, 2013). El cultivo de café está distribuido en 23 de las 24 provincias del país, por lo tanto está relacionado con un amplio tejido social. *C. arábica* recibe el nombre de café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes. En cambio, *C. canephora*, llamado café robusta, se cultiva mayormente en la Amazonía, es decir en Sucumbíos y Orellana (Aspiazu & Navarro, 2009).

El informe de “Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2017” refleja el nivel de productividad de las especies de café Arábigo y Robusta a nivel nacional en el año 2017. Los principales resultados obtenidos indican que durante el periodo de análisis, la especie de café Arábigo representó el 65% de la producción nacional de café, con un rendimiento de 0.23 t/ha. El café Robusta constituyó el 35% del total producido a nivel nacional, con una productividad de 0.49 t/ha. Los factores que permitieron a los productores de café Arábigo obtener sus resultados son el uso de las variedades: Caturra (25%), Catucaí (19%) y Sarchimor (18%) y la obtención de características productivas adecuadas en la planta de café, como son: 1.32 ejes y 20.5 ramas productivas (Monteros, 2017).

La provincia de Manabí ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de café, concentrado principalmente en los cantones Paján, Jipijapa, 24 de Mayo y Santa Ana. Sin embargo, los agricultores no contaban con el suficiente apoyo del Gobierno Central, sumado a los problemas suscitados por los fenómenos naturales, el incremento en los precios de los insumos agrícolas, el incremento de la oferta abaratando los precios, fueron factores que con el transcurrir de los años, los agricultores fueron abandonando sus tierras y emigrando a las ciudades en con el objetivo de mejorar la calidad de vida.

La caficultura de la provincia de Manabí prevalece el sistema de manejo tradicional del cultivo. El 85% de los cafetales se maneja deficientemente, obteniendo rendimientos muy bajos (5,18 quintales de café oro por hectárea). El otro 15% de la superficie cafetalera se maneja de manera semitecnificada, que permite rendimientos promedios estimados en 16 quintales de café oro por hectárea.

El suelo es un recurso natural no renovable, ya que según (FAO, 2013) testifica que el uso y el manejo se integra mediante una perspectiva de largo plazo dentro de un enfoque de desarrollo de una agricultura sustentable. El suelo es considerado un recurso natural importante, de ahí la necesidad de mantener su capacidad productiva, para que a través de ésta y de prácticas agrícolas adecuadas, se establezca un equilibrio entre la producción de la alimentación y el rápido aumento del índice demográfico (Almonte, 2010).

Torrente, (2009) establece que el propósito de caracterizar las propiedades de los suelos de la zona cafetera es una aptitud de uso y manejo, por la importancia de conocer: la composición, el perfil, las propiedades físicas y químicas, estos factores dependen muy estrechamente del tipo de muestreo y la importancia del análisis del suelo para determinar el pH, la materia orgánica, los macro y micronutrientes, y finalmente el diseño de un manejo adecuado de suelo en cuanto al tipo de cultivo a implementar (Villasanti & Roma, 2013).

El uso agrícola inmoderado del suelo, trae como consecuencia cambios negativos en sus propiedades, físicas, químicas y biológicas, para finalmente degradarse generando consecuencias directas al suelo por el hombre, por la no agregación de macro y micro elementos, y más aún por el uso indiscriminado de agroquímicos, llevándose a cabo la degradación química, física y biológica del suelo (Litardo, 2016).

Las condiciones físicas del suelo pueden imponer estreses que juegan un rol fundamental en el desarrollo y rendimiento de los cultivos ya que esto permite conocer mejor las actividades agrícolas como el laboreo, la fertilización,

disponibilidad de nutrientes, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y agua. Por ende, una adecuada caracterización del ambiente físico del suelo es importante para definir e interpretar sus procesos químicos, microbiológicos y el crecimiento de los cultivos en el campo ya que existen análisis que hacen referencia a la morfología, al contenido hídrico o bien a la dinámica del agua en el suelo (Vacarro, 2018).

El suelo es un componente importante de los sistemas de producción que puede contribuir a mejorar la calidad y productividad agropecuaria y su asociación con el cambio climático. Por ello es necesario promover sistemas agropecuarios que sean polifuncionales, es decir, sistemas más productivos y diversos, que permitan mejorar las condiciones del suelo y la eficiencia de utilización de los nutrientes y el agua, de manera que favorezcan los servicios ecosistémicos y contribuyan a mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. De esta forma, se aumenta la capacidad de resiliencia de los sistemas productivos al cambio climático. (Montiel, 2016).

Es necesario indicar que los suelos tienen un valor de gran importancia puesto que gracias a ello se pueden realizar la siembra de diversas plantas para la producción agrícola, de esta manera los suelos albergan un sinnúmero de organismos y microorganismos presentes en la descomposición de restos vegetales como también animales, esto va a beneficiar a los suelos que se encuentran en procesos de meteorización los cuales con el transcurrir de los años van a poseer grandes cantidades de minerales y en especial el nitrógeno fósforo y potasio que son requerido como elementos fundamentales para las plantas.

El suelo está relacionado con la cantidad disponible de nutrimentos para las plantas. Los elementos nutritivos que el café requiere en mayor cantidad los macronutrientes que son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, el café necesita en menor cantidad: Calcio – Magnesio, Azufre – Hierro, Zinc – Manganeso, Boro – Cobre. La carencia de alguno de estos nutrimentos afecta el normal crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café. (F. Vanegas, 2019).

Debido a la falta de interés por parte de los productores el sector cafetalero últimamente ha tenido diversas problemáticas, especialmente en la producción. Cabe recalcar que esto se debe al mal manejo que se le da al cultivo de café, por esta razón es necesario empaparse de conocimientos en especial tener en cuenta el tipo de suelo en el cual vamos a realizar la respectiva siembra, esta labor puede ejecutarse mediante un plan ajustado a

los resultados de los análisis de suelos o a través de un plan de abonamiento general, aspecto que incluye los otros componentes que interactúan en el aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo, como son el tipo de suelo, así como la disponibilidad de agua en el suelo, los macronutrientes y micronutrientes, materia orgánica presente en el suelo, pH , entre otros.

Por todo lo antes expuesto se realizó el proyecto de investigación con el objetivo de evaluar la problemática del sector cafetalero, enfocando la capacidad productiva, recursos y condiciones de comercialización que presentan los caficultores en la provincia de Manabí con énfasis en los cantones Santa Ana, 24 de Mayo y Paján, haciendo una compilación del manejo de trabajo realizados con respecto al suelo cafetalero, demostrando una mayor productividad en los resultados obtenidos.

El capítulo I referido a los antecedentes, diagnóstico, características físico química de los suelos cafetaleros y factores que afecta la eficiencia técnica, desconocimiento de los caficultores en el uso de químicos de los cantones Jipijapa; 24 de Mayo, Paján y Santa Ana de la provincia de Manabí, Ecuador.

En el capítulo II se investigó el manejo del vivero, aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas en etapa de vivero, comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42 60 en etapa de vivero, evaluación morfológica y agronómica en etapa de vivero de dos y siete **híbridos de café arábigo (*Coffe arábica*)**.

**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo**  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
**UNESUM 2022**

**Capítulo**

**I**

# Características del suelo cafetalero Manabita



## 1. Características del suelo cafetalero Manabita

Uno de los acontecimientos más extraordinarios de la humanidad ha sido, sin discusión alguna, la domesticación del *coffea* (café o qahwa, agua vegetal), como le llamaron los árabes, para difundirse por el mundo, sin importar culturas, ni políticas y que al decir de Fernando Ortiz, citado por Ramírez, J y Paredes, F (2004, p.9) fue "... un muy astuto artificio del demonio para ganarse a los humanos...". Esta inseparable y aromática bebida, es testigo de trascendentes acontecimientos de la historia universal, de sucesos inolvidables en la vida de millones de personas, de creaciones antológicas en la literatura, la música, las artes plásticas. Aquí, allá y acullá su ritual se repite, cada uno matizado por la cultura de cada pueblo.

Para los ecuatorianos, tiene importancia en los órdenes: económico, social, ambiental, institucional y salud humana. En lo económico, constituye una fuente de divisas e ingresos para los actores de las cadenas del café. En lo social, en las cadenas del café se involucran muchas etnias y pueblos en 23 de las 24 provincias de Ecuador, dispersos en un amplio tejido social. En lo ambiental, se cultiva básicamente en sistemas agroforestales, en una amplia diversidad de suelos y climas, contribuyendo a la conservación de la fauna y flora nativas; en lo institucional el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) impulsa el proyecto de reactivación de la caficultura para beneficiar a las estructuras organizativas de los productores. En lo referente a la salud humana, según lo indican Gotteland, M y Saturnino, P (2007), el consumo de café muestra correlación inversa con el riesgo de diabetes tipo 2, daño hepático y enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson.

En Ecuador se cultivan las dos principales especies comerciales en el contexto mundial, *Coffea arábica L* (café arábica) y *Coffea canephora Pierre ex Froehner* (robusta). Las tecnologías de producción generadas y validadas han permitido elevar la productividad a tres tm/ha en arábigo y cinco tm/ha en robusta, esto a nivel de productores pioneros fincas de alto rendimiento. Sin embargo, el mayor problema que enfrenta la caficultura ecuatoriana es la baja producción nacional, con una producción promedio nacional de apenas 270 kg/has.

Manabí es una de las provincias de mayor producción cafetalera del país, con alrededor del 40% del total de sacos de 60 kg producidos a nivel nacional. Según el III Censo Agropecuario existía en la provincia en el año 2000 alrededor de 100.000 hectáreas sembradas de café, 60.000 en cultivo solo y 40.000 en cultivo asociado, en Manabí existen actualmente alrededor de

70.000 hectáreas. Las zonas de mayor producción de café en la provincia de Manabí se concentran principalmente en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de mayo, Paján y Santa Ana, aunque existen pequeños cultivos a lo largo de casi toda la provincia (León, 2021).

La productividad de los suelos está determinada por sus características físicas y químicas, que integradas con las climáticas determinan su producción con un sistema específico de cultivo, o sea, la “vocación” de los suelos. (Torrente & Ladino, Caracterización de Propiedades Fisicoquímicas de los Suelos de la Zona Cafetera del Municipio de Isnos con el Fin de Establecer su Aptitud de Uso y Manejo, 2009)

La vida del suelo depende de varios factores como el agua, micro y macronutrientes, materia orgánica, pH y clase textural, que aportan múltiples beneficios a los cultivos. Y la calidad del suelo cafetalero está siendo frecuentemente afectada por el incremento de agroquímicos, mismos que los agricultores aplican sin control y conocimiento de los daños que ocasionan de tal manera que causa desequilibrio en los niveles nutritivos del suelo y provocando infertilidad y pérdida del cultivo (Izquierdo, 2017).

La agricultura es altamente desarrollada sin embargo diversos cultivos son muy exigentes en relación a la calidad de los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo. La fertilización del suelo es de suma importancia porque contribuye en el crecimiento de las plantas, es definida como un potencial que tiene el suelo para suplir la necesidad de los elementos nutritivos de forma, calidad, y proporción requerida el cual beneficia un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (Rodriguez, 2018).

Las características físicas del suelo conlleva a una adecuada caracterización del ambiente físico del suelo es importante para definir e interpretar sus procesos químicos y microbiológicos y el crecimiento de los cultivos en el campo. Existen diversos análisis que hacen referencia a la morfología, al contenido hídrico o bien a la dinámica del agua en el suelo, los factores como la textura del suelo, consistencia, densidad del suelo, estructura, estado de la superficie, todos ellos son indicativos del estado actual del suelo y como puede impactar en la disponibilidad de nutrientes y agua para la planta. A su vez esta disponibilidad estará estrechamente relacionada con la capacidad de crecimiento y desarrollo que tendrán los vegetales y por ende estarán influenciando la productividad final de nuestros cultivos (Urriola, 2020).

Las propiedades químicas del suelo no son suficientes para emprender la siembra, pues todo ser viviente, como lo es una planta, requiere de con-



diciones óptimas en su lugar de asentamiento, además de los materiales de subsistencia. Que un suelo este provisto de una buena cantidad de nutrientes (fosforo, nitratos, sulfato, etc.) no significa que los mismos estén disponibles y puedan ser absorbidos por la planta, esto dependerá, en gran medida, por las características físicas de dicho suelo, donde su diagnóstico permitirá conocer las posibilidades y limitaciones de su uso (Urriola, 2020). Según (Ramirez, 1997) el cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Aumentos en el pH traen como consecuencia un incremento en las cargas negativas. Ya que el aluminio se precipita. La concentración de hidrogeniones disminuye. Por lo tanto, la CIC aumenta.

Los nutrientes de las plantas son esenciales para la producción suficiente de alimentos saludables que satisfagan a la creciente población mundial. Por lo tanto, los nutrientes para las plantas son un componente vital en cualquier sistema de agricultura sostenible. Además, la agricultura intensiva requiere mayores flujos de nutrientes para los cultivos y mayores demandas de esos nutrientes por parte de los cultivos. El agotamiento de la capa fértil de los suelos, situación que ocurre en muchos países en vías de desarrollo, es una de las principales causas a veces oculta de la degradación de los suelos y del medio ambiente. Por otro lado, la excesiva aplicación de nutrientes o el manejo ineficiente también pueden provocar problemas ambientales, en especial si grandes cantidades de nutrientes se pierden del sistema suelo/cultivo y pasan al agua o al aire (Litardo, 2016).

El uso agrícola excesivo del suelo, ocasiona como consecuencia cambios negativos en sus elementos, físicos, químicos y biológicos para posteriormente degradarse por lo que la degradación es consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre, en forma directa por la no agregación de macro elementos y micro elementos, y el uso exagerado de agroquímicos, causando degradación química, física y biológica (Litardo, 2016).

Es importante en la actualidad estudiar las características físicas y químicas del suelo ya que representa conocer los nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas y el potencial de los suelos para el desarrollo del cultivo sembrado, pero la realidad es que en diversos lugares no realizan análisis de suelo el cual por desconocimiento los agricultores tienen las desventajas de pérdidas de producción agrícola sostenible.

## 1.1. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa de la provincia Manabí

### Introducción

Andrade (2017), señala que el cultivo de café se encuentra dentro de las principales actividades agrícolas del país, encontrándose entre los 10 productos de mayor superficie cultivada. Según Duicela, (2016) la situación de la caficultura en el Ecuador para el 2014, se resumía en los siguientes datos: superficie cosechada 140.000 ha; área de cafetales viejos 100.000 ha; productividad del café arábigo 231, 8 Kg/has; productividad del café robusta 250 Kg/has; 105 000 unidades de producción cafetaleras; producción nacional de 500 000 sacos de 60 kilos; consumo interno 200 000 sacos de 60 kilos; requerimiento de la industria 1´200 000 sacos de 60 kilos; capacidad instalada para exportación de café en grano 500 000 sacos de 60 kilos. Esto equivale a una necesidad de 1´900 000 sacos de 60 kilos, por tanto, el déficit de producto sería de 1´400.000 sacos de 60 kilos.

Pozo (2014) indica, que la producción de café es un motor para la economía ecuatoriana, ya que aporta divisas al Estado, genera ingresos para las familias que cultivan café, beneficia a los actores de la cadena productiva del café (comerciantes, transportistas, exportadores, microempresarios, obreros de las industrias de café). Ponce *et al.*, (2018), sostiene que el mayor problema que enfrenta la caficultura ecuatoriana es la baja producción nacional cuyas causas principales, entre otras, son las siguientes: Prevalencia de cafetales viejos; baja productividad; deficiente calidad e inocuidad; reducción del área cultivada; escasos incentivos para la producción; y cita además la limitada asistencia técnica y capacitación a los productores; entre otros como son los factores climáticos.

De acuerdo a lo citado por Santistevan *et al.*, (2014) el café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa) jipijapa cuenta con el 38.6 % del área sembrada y se considera que de ahí proviene el café arábigo de mejor calidad en el Ecuador. Pero a pesar de que los ecuatorianos reconocen la calidad del café de esta zona, también consideran que ésta no ha alcanzado los niveles de desarrollo que muchos esperan de una actividad económica tan importante y se ha sugerido la necesidad de desarrollar proyectos de mejora tecnológica para esta zona.

Aristizábal, (2006) indica que un suelo físicamente ideal (suelo productivo) es aquel que tiene de su volumen total alrededor del 50 % de espacios

porosos y estos están ocupados mitad por aire y mitad por agua. El otro 50% lo constituyen los sólidos, entre los que se debe haber un 8% de materia orgánica. El suelo adecuado para cualquier cultivo debe permitir aireación de retención de humedad indispensable para el desarrollo de un buen sistema de raíces.

Sadeghian – Khalajabadi (2016) y Aguilar – Orea *et al*, (2019) indican con respecto al nivel de pH (potencial de iones hidrógeno o hidrogeniones), que en suelos con ph mayor de 5,5 se neutraliza el aluminio intercambiable- $Al^{3+}$  en el suelo y con esto se evita intoxicaciones para las plantas, e indican además que los suelos cafetaleros pueden tolerar un ph de 5,0 y que cuando este es inferior debe encalarse,

Con respecto a la materia orgánica, Burbano (2016), cita que la materia orgánica es una fijación de carbono en el suelo (y permite la restauración de la biología del suelo, y permite incorporar minerales secundarios no metálicos, como zeolitas, dolomitas y roca fosfórica; y de acuerdo con Noriega *et al*, (2014); Valverde *et al*, (2019); Murillo *et al*, (2020). La materia orgánica permite además la inoculación de microorganismos tales como: Azotobacter y micorrizas.

En lo que respecta a macronutrientes, Sadeghian Khalajabadi (2008), indica que la presencia de nitrógeno en el suelo está relacionado al contenido de materia orgánica, por su parte Perez *et al*, (2005), indica que se puede utilizar además del urea 46 % de N, sulfato de amonio (21% de N y 24 % S); y agrega que la dosis apropiada en suelos cafetaleros es de 135 kg/ha, y en época de cosecha 150 kg/ha, sin que este afecte la actividad microbiana del suelo.

Entre los macroelementos de importancia se encuentran el P, K, Ca y Mg, Noriega *et al*, (2014) recomienda el uso de micorrizas, asevera que estas mejoran la absorción de agua, del ión fosfato y nutrimentos otros nutrientes como N, K, Ca, Mg, B y Fe. Calero (2021), por su parte indica que la fertilización potásica es vital en la producción del café, favoreciendo el crecimiento vegetativo, la estimulación enzimática e induce a la resistencia de las plantas sobre el ataque de plagas u otras condiciones adversas, Estrada-Herrera *et al*, (2017) por su parte indica que para mantener la fertilidad del suelo es oportuno disponer una adecuada cantidad de Calcio, Sin embargo, López *et al*, (2016), señala que el exceso de calcio podría generar antagonismo con el K, Mg y Na.

En lo referente a los micronutrientes, Rosas *et al*, (2008), en estudio realizado en el que establece la relación mineral – características organolépticas,

señala que el Zn mostró influencia sobre la calidad física y sensorial, el Cu en la intensidad de acidez de la bebida, el boro (B) en resabio y el Mn sobre la forma normal del grano (plano–convexa, similar a la mitad de un elipsoide); y el Fe en la fragancia, indica además que el Ca, Mg; P inciden en el aroma.

### **Metodología utilizada**

El trabajo de investigación se realizó en las zonas cafetaleras del cantón Jipijapa, tomando muestras de las Parroquias: El Anegado, La América, La Unión y la comunidad rural El Matal de la cabecera cantonal.

### **Ubicación de la investigación de campo**

#### *Límites del cantón Jipijapa*

- **Al norte:** Montecristi, Portoviejo y Santa Ana.
- **Al sur:** Paján y la provincia del Guayas.
- **Al este:** 24 de Mayo y Paján.
- **Al oeste:** Océano Pacífico y Puerto López.

#### *Características agroecológicas de la zona*

- Temperatura promedio: 24 ° C
- Tipo de suelo: franco arcilloso
- Precipitación: 730 mm
- Heliofanía: 1108.2 horas anuales
- Humedad relativa promedio: 60% - 70%
- pH del suelo: 6 – 7
- Topografía: irregular.
- Vientos: velocidad 1.9 m/seg
- Altitud: 378 msnm (INAMHI, 2013).

Para el desarrollo de la investigación se requirieron varios materiales, entre los que destacan machete, barrenos, fundas de papel, cintas, marcador, papel, lapiceros.

### **Factor en estudio**

El factor de estudio es la definición de las características físicas y químicas de los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa.

## Metodología

La metodología aplicada fue de tipo experimental y de campo. El trabajo inicio con la identificación de fincas cafetaleras de las parroquias productores de café, que habían iniciado un trabajo vinculatorio con la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con esta información de base, se identificaron otras fincas productoras, cubriendo en total 98 fincas en las que se tomó muestras.

Se tomaron 15 sub muestras por finca, tomando en promedio 1 kilo por sub muestra, estas se mezclaban para dejar una muestra final de un kilo, la cual se almacenaba en fundas de papel. Las muestras se substraían con un barreno, profundizando entre 25 a 30 cm (López *et al.*, 2016).

Una vez obtenidas el total de las muestras estas fueron llevadas al laboratorio de INIAP Pichilingue, donde se efectuaron los análisis de identificación de macro y micro nutrientes, de igual manera se realizaron los análisis de materia orgánica, pH y de textura del suelo.

En lo que respecta a las características físicas como es el caso de la textura, se estableció mediante el contenido de arena, arcillo y limo, definiendo el tipo de suelo en función a sus niveles de contenido, tal como se indica a continuación:

### **Franco –arcilloso**

Se llaman franco-arcilloso si el porcentaje de arcilla se incrementa ,30% el limo al 40% y la arena también al 40%.

### **Franco arenoso**

Se dice que los suelos francos arenosos contienen 60% de arena, 30% de limo y el 10%de arcilla.

### **Franco arcillo limoso**

Si el suelo contiene el 60% de arena, 30% de limo y 10%de arcilla se denominan textura franca arenosa, si el porcentaje de arcilla se incrementa a un 30%, el limo al 40%, y la arena al 40%, la textura vendrá a ser franco arcilloso

### **Franco**

Pertenece a uno de los mejores suelos para la productividad agrícola ya que consta con la proporción de arena, limo y arcilla adecuada para los cultivos

Si el suelo contiene 45% de arena, 40%de limo, y 15%de arcilla se denominan franco, aunque los valores pueden variar.

### **Arcilloso**

Si el suelo supera el 45% de arcilla se denominan suelos arcillosos de arcilla fina

### **Arcilloso limoso**

Se denominan suelos pesados ya que poseen 5% de arena, 50% de limo y 45% de arcilla

### **Capacidad de Campo**

Se mide:

A través del método columna de suelo

Peso de suelo húmedo (Psh) por el peso del suelo seco (Pss)

$$CC = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

### **Punto de Marchites Permanente**

Se dice que el punto de marchites permanente puede ser estimado a partir de la capacidad de campo.

### **Por ejemplo**

Datos

fórmula

Peso del recipiente = 40.7 gr.

$Pw = PHS - PSS / PSS \times 100$

P.S.H=119.3 gr.

P.S.S=111 gr.

### **Desarrollo**

Restar el peso del bote a las 2 muestras

$119.3 - 40.7 = 78.6$  gr (P.S.H)       $111 - 40.7 = 70.3$  (P.S.S)

Sustituyendo en la fórmula

$Pw = 78.6 - 70.3 / 70.3 \times 100 = 11.8\%$

## Agua disponible en el suelo

El valor del agua disponible se expresa en términos de láminas o en términos relativos de (%) con el agua útil.

### Ejemplo:

Donde se dice si el agua útil actúa al metro de profundidad es de 65 mm y el AUT de ese suelo es de 170 mm, el AU (%) será  $(65/170) \times 100=38,2\%$ .

### Análisis estadístico

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar, planteando el siguiente análisis de varianza.

**Tabla 1.1.**

*Esquema del ANOVA.*

Fuente de variación		Grados de libertad
Repetición	r-1	4
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	(t-1) (r-1)	12
Total	rt-1	19

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + B_i + \varepsilon_{ij}$$

### Modelo estadístico

Donde:

$Y_{ij}$  = Características químicas del suelo cafetalero j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

$t_i$  = Comunidades en estudio

$\mu$  = Media general.  $i = 1,2, 3, \dots, t$

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental  $j = 1,2, 3, \dots, n$

Análisis funcional

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades por medio del software estadístico Infostat.

Además, se realizó el análisis del Coeficiente de variación se utilizó tomando en consideración la siguiente fórmula:

$$C. V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

A continuación, se presenta la tabla de interpretación de los resultados a obtener los macro y micro nutrientes de los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa.

**Tabla 1.2.**

*Niveles de contenidos de macro y micro nutrientes de los suelos cafetaleros.*

Variables	Niveles
pH	AC RC = Acido 5-5.5
	MeAc =Media Acido 5.5 - 6
	LAC = Líder acido 6.1 -6.5
	PN = Prac. Neutro 6.6 - 7.5
	MeAl = Media Alcalino 7.6 – 9
M.O %	Alto + 5 %
	Medio - 4,9 %
	Bajo - 3 %
Nitrógeno (N)	Alto 40 ppm
	Medio 20 ppm
	Bajo 20 ppm
Fosforo (P)	Alto 21 ppm
	Medio 20 ppm
	Bajo -10 ppm
Calcio (ca),	Alto 20 meq/100ml
	Medio 15 meq/100ml
	Bajo -12 ppm
Potasio (k),	Alto + 0,40 meq/100ml
	Medio - 0,39 meq/100ml
	Bajo - 0,20 ppm
Magnesio (mg)	Alto + 2 meq/100ml
	Medio -1,9 meq/100ml
	Bajo -1 ppm



---

Manganeso (Mn)	Alto +15 ppm Medio -14,9 ppm Bajo -4,90 ppm
Azufre(S)	Alto + de 21 ppm Medio - de 20 ppm Bajo -9 ppm
Zinc (Zn)	Alto + de 6 ppm Medio - 5,9 ppm Bajo -2 ppm
Cobre (Cu)	Alto + 4 ppm Medio - 3,9 ppm Bajo -2 ppm
Hierro (Fe)	Alto + 40 ppm Medio - 39,5 ppm
Boro (B)	Alto + 1 ppm Medio - 0,99 ppm Bajo -0,49 ppm a -20 ppm

---

Los métodos utilizados en el análisis de los datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 1.3.**

*Métodos aplicados para análisis químico de suelos INIAP.*

Parámetro	Unidad	Método
pH H <sub>2</sub> O		1:2.5 H <sub>2</sub> O
Acidez intercambiable	meq/100 ml	Cloruro de potasio 1N
Ca - Mg - K	meq/100 ml	Olsen modificado
NH <sub>4</sub>	ppm	Colorimetría
Zn - Mn - Fe - Cu	ppm	Olsen modificado
P	ppm	Olsen modificado
S	ppm	Fosfato mono cálcico 0.008M
B	ppm	CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O
Materia orgánica	%	Walkley y Black
CIC (Na - K - Ca - Mg)	meq/100 ml	Acetato de amonio pH 7.0 (Para suelos con Ph >5.5)
	meq/100 ml	Cloruro de bario (Para suelos con pH < 5.5)
Acidez libre Al <sub>3</sub> + + H+	meq/100 ml	Cloruro de potasio 1M
Textura	%	Bouyouocus

**Fuente:** INIAP

### Resultados

Los datos obtenidos de los análisis de laboratorio efectuados fueron tabulados en un documento Excel, y posteriormente se procesaron en el software estadístico Infostat, donde se realizó el análisis de datos, el cual reflejo una distribución normal, lo que dio paso al uso del ANOVA previsto en la metodología.

**Tabla 1.4.**

*Análisis de normalidad de datos.*

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
pH	47	6,19	0,54	8,76	5,1	7,3	-0,09	-0,47
N	47	18,17	10,04	55,24	3	45	0,71	-0,24
P	47	42,49	32,56	76,64	2	144	1,16	1,39
K	47	0,81	0,36	44,9	0,2	1,79	0,68	-0,22

Ca	47	18,04	3,01	16,71	13	23	0,13	-1,43
Mg	47	4,42	1,01	22,82	2,5	6,6	0,19	-0,74
S	47	10,77	8,78	81,56	4	53	0,96	1,12
Zn	47	3,99	2,15	54,02	1,1	10	0,35	0,94
Cu	47	4,02	1,42	35,29	1,5	8,1	0,73	0,14
Fe	47	93,19	27,24	29,23	33	143	-0,26	-0,94
Mn	47	33,7	18,85	55,92	6,6	95	0,28	1,92
B	47	0,48	0,29	59,61	0,18	1,24	0,17	0,5
M.O. %	47	4,6	3,17	68,9	0,7	12,3	0,46	-1,15

### **Análisis de varianza de macroelementos**

El análisis de varianza de los macronutrientes determino diferencias estadísticas sobre el contenido de minerales en todas las comunidades, tal como se aprecia en el p valor < 0,05 en la siguiente tabla.

**Tabla 1.5.**

*ANOVA de macronutrientes.*

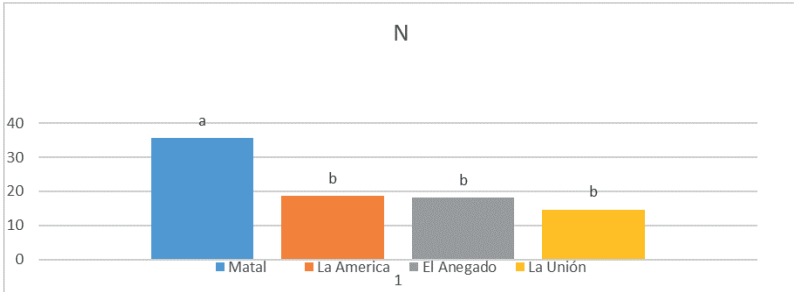
<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
N	3	5240,95	1746,98	21,15	<0,0001
P	3	29010,89	9670,3	5,63	0,0014
K	3	16,91	5,64	25,06	<0,0001
Ca	3	1606,58	535,53	91,79	<0,0001
Mg	3	61,69	20,56	13,07	<0,0001
S	3	10868,91	3622,97	3,94	0,0107

### **Nitrógeno**

El contenido de Nitrógeno alcanza un contenido medio en El Matal, en el resto de comunidades el contenido es bajo, por lo que resulta oportuno realizar enmiendas nutricionales, que permitan no solo sustentar el requerimiento de la planta, a fin de motivar una mejor productividad.

**Figura 1.1.**

*Contenido de nitrógeno.*

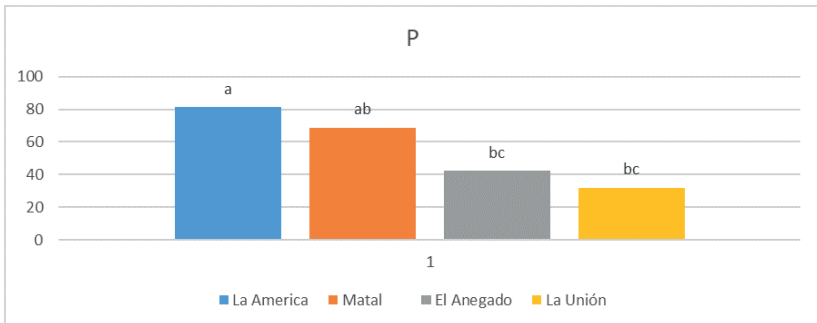


### Fosforo

El contenido de P, en todas las comunidades es superior a 20 ppm, por lo que se son considerados altos en este mineral, la parroquia la américa y la comunidad El Matal, lideran en contenido de P, pues sobrepasan los 50 ppm.

**Figura 1.2.**

*Contenido de fósforo.*

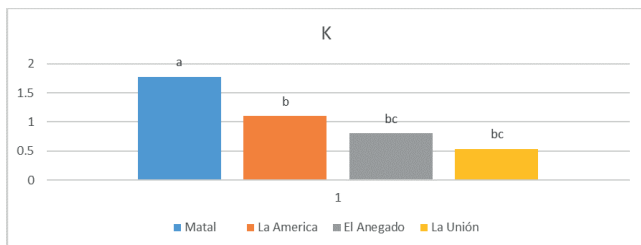


### Potasio

El potasio es otro de los elementos que se encuentra en cantidades altas en los suelos cafetaleros sur manabitas, y en la comunidad donde más K cantidad hay es en El Matal, pues contiene 1,78 ppm, muy superior al nivel considerado alto que es de 0,40 ppm.

### Figura 1.3.

Contenido de potasio.

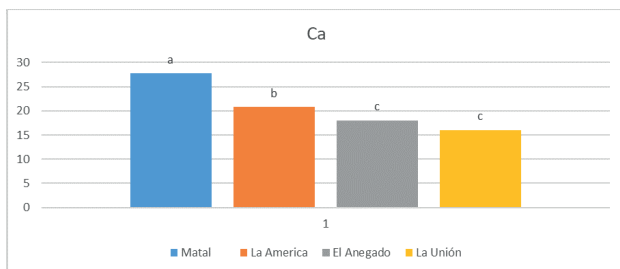


### Calcio

El calcio alcanza niveles altos en la comunidad El Matal y La América, superando los 20 ppm, mientras las parroquias El Anegado y La Unión contienen niveles medios, por lo que este elemento no se requeriría en altas cantidades.

### Figura 1.4.

Contenido de Calcio.

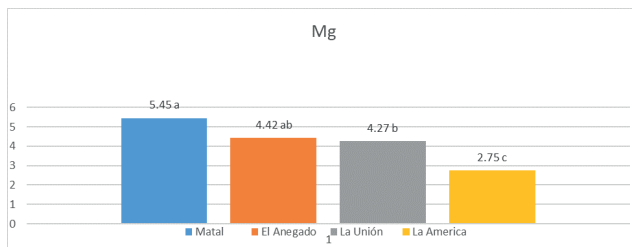


### Magnesio

Los suelos cafetaleros de la parroquia El Matal son los que contienen cantidades más altas de este mineral, siguen en orden El Anegado y La Unión, la parroquia con cantidad más baja es La América, sin embargo, incluso esta parroquia es considerada de suelos ricos en Mg.

**Figura 1.5.**

*Contenido de magnesio.*

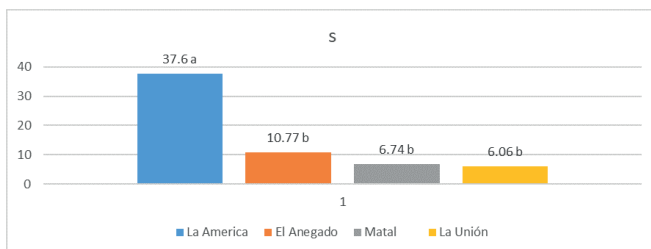


### **Azufre**

El contenido de S es muy alto la parroquia La América superando ampliamente las 21 ppm que significan contener con altos contenidos de S. La parroquia El Anegado contiene un nivel medio y las parroquias La Unión y la comunidad El Matal contienen niveles bajos.

**Figura 1.6.**

*Contenido de Azufre.*



### **Contenido de micro nutriente en los suelos cafetaleros de Jipijapa**

Los análisis realizados de la varianza de cada una de los micro nutrientes estudiados (**Tabla 1.6**), demostró que existen diferencias estadísticas entre el contenido nutricional entre comunidades.

**Tabla 1.6.**

*Análisis de varianza de contenido de micro minerales en suelos cafetaleros del sur manabita.*

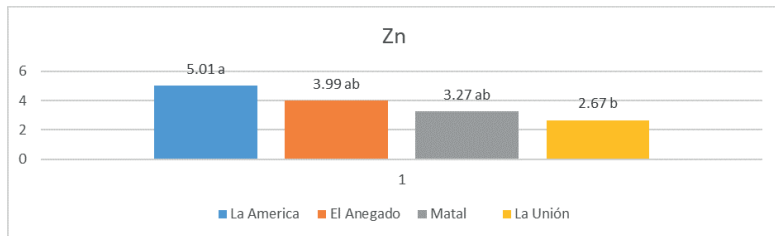
F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Zn	3	50,34	16,78	3,16	0,0283
Cu	3	29,5	9,83	5,12	0,0025
Fe	3	7089,77	2363,26	3,31	0,0234
Mn	3	14928,61	4976,2	22,45	<0,0001
B	3	3,91	1,3	20,22	<0,0001

### Zinc

En lo que respecta al contenido de zinc en todas las comunidades alcanzó niveles medios, la diferencia estadística muestra a la parroquia La América como la que contiene cantidades más significativas.

**Figura 1.7.**

*Niveles de Zn en fincas cafetaleras del cantón Jipijapa.*



### Cobre

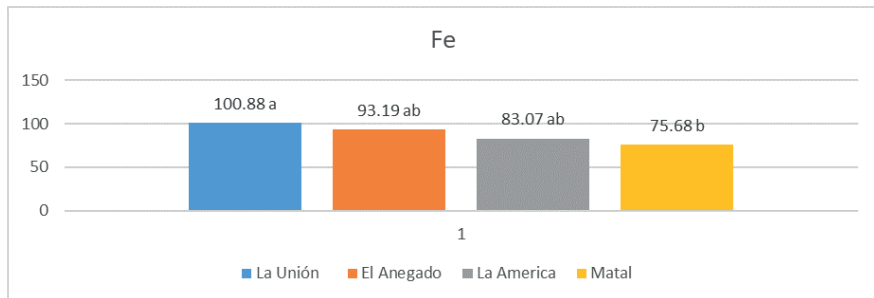
En lo que respecta al Cu, con excepción de la parroquia La Unión, todas las comunidades contienen cantidades altas de este mineral; siendo la de mejor comportamiento la comunidad El Matal.

### Hierro

Los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa son ricos en Fe, superando ampliamente los 40 ppm que son considerados en suelos ricos en Fe. La parroquia La Unión es la que sobresale sobre por su alto contenido de Fe frente a los demás sectores estudiados.

**Figura 1.8.**

*Contenido de Fe.*

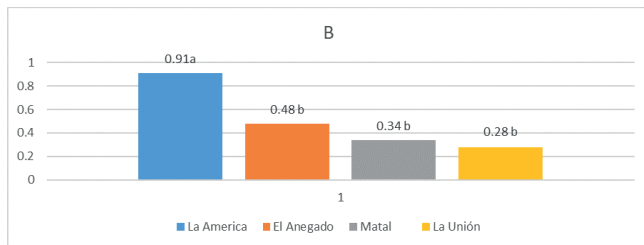


### **Boro**

El estudio realizado, determina que solo la parroquia La América contiene niveles medios de B, el resto de las comunidades estudiadas presenta deficiencias de este mineral, por lo que de considerarse importante se deben hacer enmiendas al suelo, fertilizando el suelo en función a sus necesidades.

**Figura 1.9.**

*Contenido de Boro.*



### **Manganeso**

En lo que respecta al Mn, se aprecia que con excepción de la parroquia El Matal, todas las comunidades cuentan con niveles altos de este elemento. En todo caso El Matal contiene niveles medios.

### **Contenido de pH de los suelos cafetaleros**

El análisis de varianza de los datos levantados determinó que no hay diferencias estadísticas entre comunidades con respecto al contenido del pH;

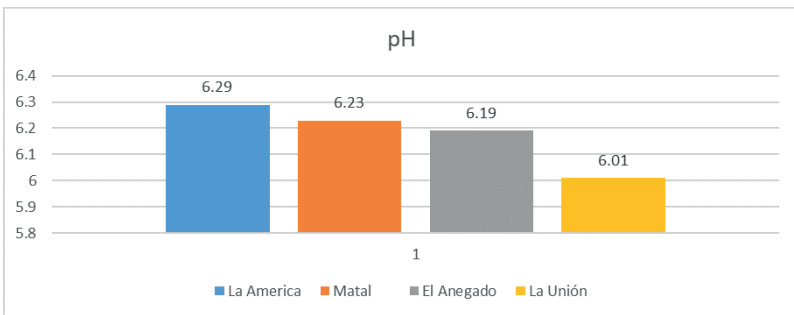


sin embargo, es notorio que las fincas cafetaleras de la parroquia La América contienen en promedio un 6,29 ubicándose en el nivel líder ácido.

Las demás comunidades, aunque con menor nivel de pH, también se les considera Líder ácidos, debido a que contiene más de 6 puntos de acides. Lo que hace que los suelos de estos sectores sean idóneos para la actividad agrícola, particularmente para nuestro caso la caficultura.

**Figura 1.10.**

*Contenido de pH de los suelos cafetaleros.*

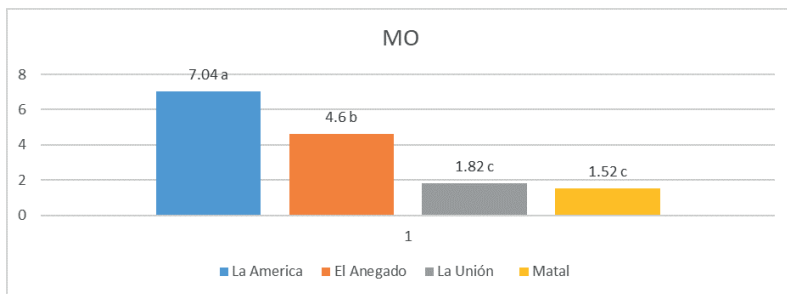


**Contenido de Materia orgánica “MO”**

El análisis de los datos de la M.O., estableció mediante la aplicación del análisis de varianza que existen diferencias estadísticas entre comunidades. La prueba de Tukey al 5%, determinó que el mejor contenido de materia orgánica lo tiene la parroquia la América, cuyo contenido del 7,04 de M.O. lo establece como alto, le sigue el Anegado con el 4,6; que es considerado medio; y El Matal y la parroquia la Unión que tienen niveles deficientes de M.O.

**Figura 1.11.**

*Contenido de materia orgánica.*



### **Caracterización física de los suelos cafetaleros del Cantón Jipijapa.**

Para la definición de los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa, se analizaron los datos obtenidos por el laboratorio de suelos, y se definieron según la **Tabla 1.7**, donde se determina el tipo de suelo según su contenido textural.

**Tabla 1.7.**

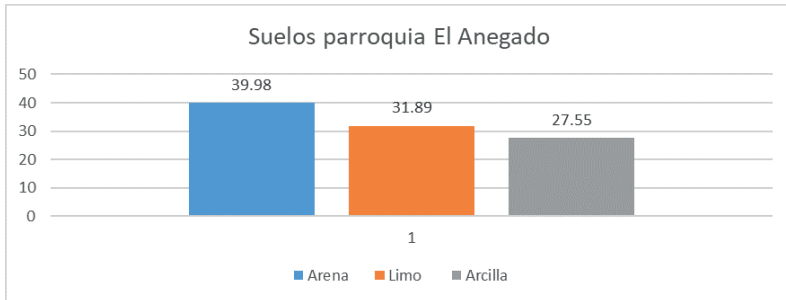
*Tipos de suelo según su textura.*

Variables	Niveles considerados del suelo en %
Franco – arcilloso	Se consideran franco arcilloso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 30% de arcilla</li> <li>• 40% de limo</li> <li>• 30% de arena</li> </ul>
Franco arenoso	Se consideran franco arenoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% de arcilla</li> <li>• 30% de limo</li> <li>• 60% de arena</li> </ul>
Franco arcilloso – limoso	Se consideran franco arenoso- limoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de arcilla</li> <li>• 30% de limo</li> <li>• 10% de arena</li> </ul>
Franco	Se consideran franco cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20% de arcilla</li> <li>• 40% de limo</li> <li>• 40% de arena</li> </ul>
Arcilloso	Se consideran arcilloso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de arcilla</li> <li>• 20% de limo</li> <li>• 20% de arena</li> </ul>
Arcilloso limoso	Se consideran arcilloso- limoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40% de arcilla</li> <li>• 50% de limo</li> <li>• 10% de arena</li> </ul>

Considerando que son 4 los sectores cafetaleros estudiados, se presenta a continuación los tipos de suelo por parroquia.

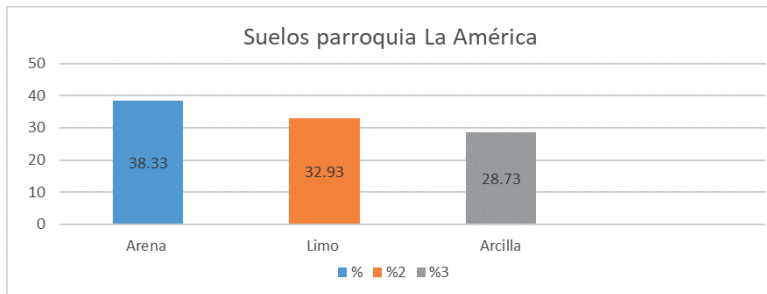
**Figura 1.12.**

*Textura del suelo de la parroquia El Anegado.*



**Figura 1.13.**

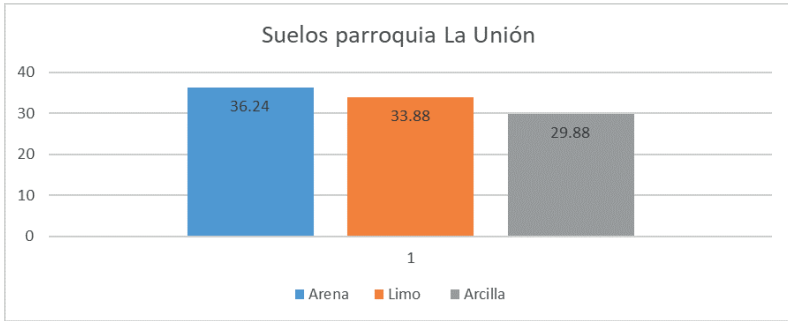
*Textura del suelo de la parroquia La América.*



Los suelos cafetales de estas dos parroquias como se puede apreciar es las **Figuras 1.12 y 1.13**, y según se detalla en la **Tabla 1.7**, se consideran suelos francos.

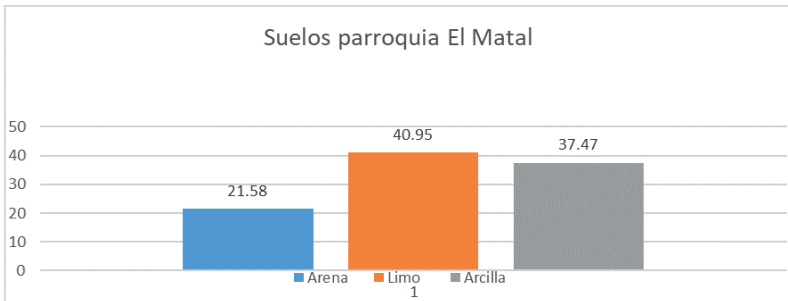
**Figura 1.14.**

*Textura de los suelos de la parroquia La Unión.*



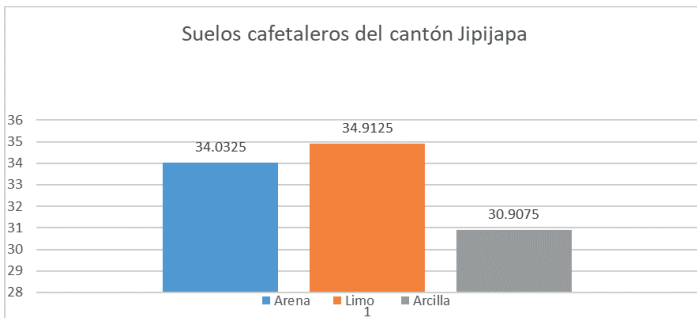
**Figura 1.15.**

*Textura de los suelos de la parroquia El Matal.*



**Figura 1.16.**

*Suelos cafetaleros del cantón Jipijapa.*



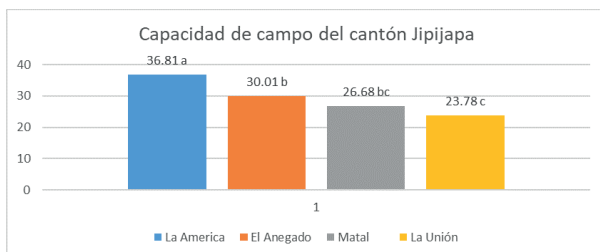
Al igual que las parroquias La América y El Anegado los suelos de la parroquia La Unión son francos, no así los suelos de la parroquia El Matal que son de tipo arcilloso limoso.

En contexto general y según se aprecia en la **Figura 1.16**, los suelos cafetaleros de Jipijapa son Francos, y por tanto aptos para la caficultura.

### **Capacidad de campo, punto de marchites permanente y agua disponible**

#### **Figura 1.17.**

*Capacidad de campo del cantón Jipijapa.*



De manera general todos los suelos cafetaleros de Jipijapa, cuentan con propiedades físicas deseables en lo que a capacidad de campo se refiere, pues las muestras se tomaron en época seca, se entiende que este fenómeno guarda relación con el tipo de suelo de la zona, y a que en Jipijapa el sistema de explotación cafetalera es de sombra.

En lo que respecta al punto de marchites permanente y al agua disponible en el suelo, todos coinciden en que los suelos de mejor comportamiento son los de la parroquia La América, seguido por El Anegado.

### **Conclusiones**

Los suelos cafetaleros del cantón Jipijapa, son pobres en N, por lo que requiere que se les adicione tanto en su desarrollo como en la producción, en lo que respecta a macronutrientes como el P, K, Ca y Mg, son contenidos en cantidades altas, es oportuno indicar excepciones, por lo tanto, es oportuno que antes de tomar decisiones de manejo se realice el análisis del suelo.

En micro minerales, los suelos cafetaleros de Jipijapa se caracterizan por ser ricos en Fe, Zn, Mn, Cu, y con deficiencia en B, sin embargo se identifica-

ron diferencias significativas entre comunidades, por lo que se recomienda se realicen análisis particulares antes de aplicar enmiendas en sus suelos.

En lo que a aspectos físicos se refiere, los suelos son francos por excelencia, con un pH superior a 6,29 considerado líder ácido, condiciones que lo hacen agrícolas y por tanto útiles para la caficultura; son pobres en materia orgánica, lo que tiene sentido si se considera su deficiencia de nitrógeno. Otro aspecto a tomar en cuenta es su capacidad de retención de agua, lo que favorece la producción de café en la zona, pues los largos periodos secos podrían afectar el desarrollo y producción del cultivo.

## **1.2. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí-Ecuador**

### **Resumen**

Con el desarrollo de la investigación, se caracterizó física y químicamente los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo provincia de Manabí, se tomaron muestras de 36 fincas y se siguió la metodología en zig-zag. Las muestras se tomaron entre 25 a 30 cm de profundidad, considerando la profundidad de las raíces; se llevaron a un laboratorio certificado. Se aplicó estadística descriptiva, caracterizando las propiedades físicas y químicas del suelo y los resultados obtenidos fueron los siguientes: en lo que respecta a los macro minerales tenemos deficiencia de N, altos contenido de P, K, Ca, y de Mg, y un bajo contenido S. El contenido de los micro nutrientes fueron los siguientes, contenidos Zn y Cu, se encontraron valores altos en Fe en lo que respecta al contenido de materia orgánica (M.O.) fueron bajos. En las características físicas se determinó que los suelos de las fincas cafetaleras poseen una textura franca, lo que evidencia que estos suelos poseen una buena permeabilidad, velocidad de infiltración y excelente capacidad de retención de agua beneficiando de esta forma al cultivo de café. Se concluye en función al análisis multivariante, que el 60 % de los suelos del cantón 24 de mayo se caracterizan por tener bajos niveles N, alto contenido de P, k, Ca, Mg; con niveles medio de Zn y Cu, y niveles bajos de B, y con un pH de 5,84; lo que hace a estos suelos idóneos para la producción cafetalera, y que es oportuno realizar un manejo adecuado del suelo.

### **Introducción**

Manabí es una de las 24 provincias que conforman el territorio de la república del Ecuador, limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con las provincias de Santa Elena y Guayas, al este con las provincias de Guayas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, y al oeste con el Océano Pacífico. Su situación geográfica que la ubica cerca de las costas origina que en su territorio no se encuentren elevaciones considerables, pero si una extensión considerable de playas que constituyen uno de los atractivos turísticos de la zona; PDOT. (2016).

Según el diario el Telégrafo (2016), las principales fuentes de ingreso de los habitantes de la provincia son la agricultura, la pesca y el turismo. Los manabitas por excelencia son agricultores, esto lo demuestra el número de hectáreas utilizadas para este fin que bordea el 1'583.000, cifra que representa el 84% de la extensión de la provincia y constituye el 13% del total de la



nación. Los productos por excelencia cultivados en la provincia son el cacao, plátano, maíz duro seco, arroz, frutas cítricas y el café. El clima, la topografía y las características particulares de las tierras manabitas las convierten en suelos fructíferos de gran producción, entendiéndose el porqué de que miles de familias manabitas vean en la agricultura su medio de vida y de sustentación. Sin embargo a pesar de todos los beneficios naturales de las zonas manabitas el café ha tenido variación en su producción registrando declives constantes por diversos factores.

De acuerdo a PROECUADOR (2017), sostiene que el Ecuador por excelencia es un productor de café, tomando en consideración que en el territorio ecuatoriano se puede sembrar todas las variedades de café como el arábigo lavado, el arábigo natural, robusta y el café soluble que ya es un producto industrial, consecuentemente Ecuador exporta su producción al mercado mundial. De acuerdo a un estudio realizado por esta entidad en el año 2013 se evidencia la importancia del Cantón Jipijapa para la siembra y producción del café dentro del territorio ecuatoriano siendo la de mayores resultados dentro de la provincia de Manabí contando con la mayor superficie en todo el país. MAGAP (PROECUADOR, 2013).

La historia entre la provincia de Manabí y la producción de café data de mediados del siglo XIX, en las zonas de Jipijapa se instauraron los primeros sembríos grandes de café y de estas zonas se produjeron las primeras exportaciones de este producto, a principios del siglo XX gracias al puerto de Manta, el Ecuador exportaba cantidades importantes al continente europeo, llegando a sumas de hasta dos millones de sacos de este producto. El descenso de la producción se originó cuando el incremento de la producción cafetalera mundial produjo una caída de precios, convirtiendo insostenible el cultivo del producto en el mercado local por los exorbitantes precios (IEPI, 2014).

La evolución de los mercados suele abrir nuevas oportunidades a los productos y es lo que actualmente está pasando con el café, los consumidores de café han evolucionado y ahora buscan refinamiento, aroma y sabores únicos, abriendo una ventana para posicionar de nuevo a variedades del café ecuatoriano, al sector que no ha crecido sustancialmente los últimos años. Las plagas, la mala infraestructura, semillas de baja calidad, insumos impagables, sembríos viejos, la mala administración, técnicas antiguas y otros tantos problemas han estancado al café ecuatoriano, es indispensable dar a los agricultores del cantón Jipijapa herramientas para mejorar su producción y recuperar el mercado internacional que ha perdido el café ecuatoriano.

El cantón 24 de Mayo es un Centro de producción cafetalera y agropecuaria, ecológicamente limpia, con seguridad y soberanía alimentaria; lidera, por consenso micro regional, procesos agroindustriales, artesanales y ecoturísticas, respetando el ambiente. Los suelos inciden el crecimiento de cada una de las especies donde podemos encontrar nutrientes importantes para el desarrollo como son los elementos sustanciales en la que tenemos el calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P), nitrógeno (N), y azufre (S) (www.goraymi.com, 2020). En la actualidad los propios productores cafetaleros en la zona sur Manabí cuentan con plantaciones viejas que sobrepasan ampliamente la vida útil de las plantas de café, denotándose a la inadecuada planificación de siembra, deficiencia en el contenido nutricional del suelo, falta de conocimiento de las características físicas-químicas de los suelos, el uso excesivo de plaguicidas y la presencia de plagas y enfermedades (Holguín, 2019).

La elección de la producción de variedades de café en la zona del cantón 24 de Mayo, es una opción que nos permitirá obtener una mejor calidad en cuanto a la cosecha, y será beneficioso para los productores ya que obtendrán mayores ingresos económicos.

Determinación de las características físico-químicas de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí-Ecuador.

### **Metodología utilizada**

La investigación se desarrolló en el cantón 24 de Mayo, que es un cantón de la provincia de Manabí en Ecuador; su cabecera cantonal es la ciudad de Sucre, considerado como un centro de producción cafetalera y agropecuaria, ecológicamente limpia, con seguridad y soberanía alimentaria.

Veinticuatro de Mayo es un cantón de la provincia de Manabí en Ecuador, tiene una población de 28.846 habitantes. Su alcalde actual para el período 2019 - 2023 es el Ing. Elicro Duval Valeriano Ponce.

- **Superficie:** 524 km<sup>2</sup>
- **Capital:** Sucre
- **Coordenadas:** 1°16'44"S 80°25'12"O / -1.27888889, -80.42
- **Idioma oficial:** español
- **Altitud media** 242 m.s.n.m.

## Limites

- **Al norte:** con el cantón Santa Ana
- **Al sur:** con el cantón Paján
- **Al este:** con los cantones Santa Ana y Olmedo
- **Al oeste:** con el cantón Jipijapa

En la Actualidad el cantón 24 de Mayo esta subdividido en una parroquia urbana y tres rurales, distribuidos de la siguiente manera:

- **Urbana:** Sucre (cabecera cantonal).
- **Rurales:** Bellavista, Arquitecto Sixto Duran Ballén y Noboa.

Para la implementación de la investigación se utilizaron 36 muestras de suelo, tomadas del mismo número de fincas cafetaleras, las cuales fueron llevadas al laboratorio, para su respectivo análisis físico – químico, las muestras fueron tomadas en el año 2020, en el marco del proyecto: manejo integral del suelo, fertilidad y agua en cafetales, que es ejecutado por la carrera de Agropecuaria, y que corresponde por tanto a un proyecto de investigación institucional.

Para tomar las 36 muestras se utilizaron los siguientes materiales: una cinta de medición de campo, pico, pala, azadón, abre hoyo, rastrillo, barreno, la misma que permitió evidenciar y reconocer el respectivo tipo de suelos, sus contenidos de arena, limo y arcilla al igual que permitió determinar la capacidad de campo (C.C.), el punto de marchitez permanente (P.M.P.) y el agua disponible del suelo (A.D.S).

Se aplicó el método de investigación explicativo – experimental.

Los tratamientos fueron las 36 muestras de suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo para su respectivo análisis.

## Diseño experimental

Se realizó el análisis de datos, aplicando estadística descriptiva, clúster Jerárquico y el Análisis de Componentes Principales (ACP).

El clúster es una técnica de clasificación que sirve para poder detectar y describir subgrupos de sujetos o variables homogéneas en función de los valores observados dentro de un conjunto aparentemente heterogéneo. Consideramos que este análisis es robusto, pues se tienen en cuenta la independencia y distribuciones de probabilidad, empleando una medida de distancia

que asume que las variables en el modelo de conglomerado son independientes asumiendo además, que cada variable continua tiene una distribución normal y cada variable categórica tiene distribución multinominal (Baños *et al.*, 2014).

Un método de análisis multivariante de gran utilidad para explicar las fuentes de variabilidad de un proceso y reducir dimensionalidad de los datos, es el Análisis de Componentes Principales (ACP). Este método transforma la información multidimensional en unas pocas variables que explican una gran parte de las fluctuaciones de las variables originales, así como sus interrelaciones (Gozá *et al.*, 2020).

Una vez realizado el agrupamiento, podemos clasificar los grupos por afinidad en segmentos diferenciados, estudiar que grupos se comportan mejor ante las características físicas y químicas de los suelos. La realización de grupos sirve como resumen de los datos originales, facilitando su dominio y comprensión.

Variables evaluadas:

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Materia orgánica (M.O.)
- Nitrógeno (N)
- Fosforo (P)
- Calcio (Ca)
- Potasio (K)
- Magnesio (Mg)
- Contenidos de Arena
- Contenidos de Limo
- Contenidos de Arcilla
- Clase textural
- Capacidad de Campo (C.C.)
- Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.)
- Agua Disponible en el suelo (A.D.)

## Preparación para la muestra de textura de los suelos

Para la muestra de suelo se utilizaron herramientas como: cinta de medición de campo, pico, pala, azadón, abre hoyo, rastrillo, barreno, la misma que permitió la realizar una calicata para evidenciar y reconocer el respectivo tipo de suelos, sus contenidos de arena, limo y arcilla al igual que permitió estimar la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y el agua disponible del suelo. Para el análisis químico de los suelos se utilizó según se muestra en la **Tabla 1.3** realizado en el INEAD.

De la misma manera se realizó la estimación de la capacidad de campo (C.C.), el punto de marchitez permanente (P.M.P.) y el agua disponible (A.D.) en el suelo con el uso de fórmulas a partir de los resultados obtenidos del laboratorio de INIAP. Para la determinación de las características físicas de los suelos se utilizó el método según **Tabla 1.8**.

### Tabla 1.8.

*Métodos para determinar propiedades físicas del suelo.*

Parámetros	Fórmulas
Capacidad de Campo (%C.C.)	$(\%C.C.) = 21,977 - 0,186(\%Arena) + 2,601(\%Materia\ Orgánica) + 0,127(\%Arcilla)$
Punto de Marchitez Permanente (%P.M.P.)	$(\%P.M.P.) = -5 + 0,74 (\%C.C.)$
Agua Disponible en el Suelo (A.D.S.)	$(A.D.S.) = C.C. - P.M.P.$

**Fuente:** (Silva, Ponce León, Garcia , & Durán , 1988)

## Caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí - Ecuador

Para caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí – Ecuador se realizó el análisis según las características químicas de los macro nutrientes y de los micros nutrientes del suelo incluido el pH y la materia orgánica según se muestra en la **Tabla 1.2**.

## Determinar las características físicas del suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí – Ecuador

Para determinar las características físicas del suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí – Ecuador se tuvo en cuenta los niveles representados en la **Tabla 1.9**.

**Tabla 1.9.**

*Características físicas de los suelos.*

Variables	Niveles considerados del suelo en %
Franco – arcilloso	Se consideran franco arcilloso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 30% de arcilla</li> <li>• 40% de limo</li> <li>• 30% de arena</li> </ul>
Franco arenoso	Se consideran franco arenoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% de arcilla</li> <li>• 30% de limo</li> <li>• 60% de arena</li> </ul>
Franco arcilloso – limoso	Se consideran franco arenoso- limoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de arcilla</li> <li>• 30% de limo</li> <li>• 10% de arena</li> </ul>
Franco	Se consideran franco cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20% de arcilla</li> <li>• 40% de limo</li> <li>• 40% de arena</li> </ul>
Arcilloso	Se consideran arcilloso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de arcilla</li> <li>• 20% de limo</li> <li>• 20% de arena</li> </ul>
Arcilloso limoso	Se consideran arcilloso- limoso cuando poseen un porcentaje de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40% de arcilla</li> <li>• 50% de limo</li> <li>• 10% de arena</li> </ul>

	La capacidad de campo se mide a través del método columna de suelo ejemplo:
Capacidad de campo	<p>Peso de suelo húmedo (Psh) por el peso del suelo seco (Pss)</p> $CC = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$
	El punto de marchites permanente puede ser estimado a partir de la capacidad de campo.
Punto de marchites permanente	<p>Ejemplo:      Formula.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso del recipiente = 40.7 gr.</li> <li>• Pw = PHS-PSS/PSSX100</li> <li>• P.S.H=119.3 gr.</li> <li>• P.S.S=111 gr.</li> </ul> <p>Desarrollo. Restar el peso del bote a las 2 muestras</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 119.3 – 40.7= 78.6 gr (P.S.H)</li> <li>• 111- 40.7 = 70.3 (P.S.S)</li> </ul> <p>Sustituyendo en la formula</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pw = 78.6 – 70.3/70.3 X100 = 11.8%</li> </ul>
	El valor del agua disponible se expresa
Agua disponible en el suelo	<p>Términos de láminas con el agua útil      Términos relativos de (%) con el agua útil</p> <p>Muestra: Donde se dice si el agua útil actúa al metro de profundidad es de 65 mm y el AUT de ese suelo es de 170 mm, el AU (%) será (65/170) x 100=38,2%.</p>

Se tomaron muestras de suelos para obtener como resultados las características físicas como es el caso de las texturas entre ellas se mencionan:

### **Franco –arcilloso**

Se llaman franco-arcilloso si el porcentaje de arcilla se incrementa ,30% el limo al 40% y la arena también al 40%.

### **Franco arenoso**

Se dice que los suelos francos arenosos contienen 60% de arena, 30% de limo y el 10%de arcilla.

### **Franco arcillo limoso**

Si el suelo contiene el 60% de arena, 30% de limo y 10% de arcilla se denominan textura franca arenosa, si el porcentaje de arcilla se incrementa a un 30%, el limo al 40%, y la arena al 40%, la textura vendrá a ser franco arcilloso.

#### **Franco**

Pertenece a uno de los mejores suelos para la productividad agrícola ya que consta con la proporción de arena, limo y arcilla adecuada para los cultivos

Si el suelo contiene 45% de arena, 40% de limo, y 15% de arcilla se denominan franco aunque los valores pueden variar.

#### **Arcilloso**

Si el suelo supera el 45% de arcilla se denominan suelos arcillosos de arcilla fina

#### **Arcilloso limoso**

Se denominan suelos pesados ya que poseen 5% de arena, 50% de limo y 45% de arcilla

### **Capacidad de campo**

Se mide:

A través del método columna de suelo

Peso de suelo húmedo (Psh) por el peso del suelo seco (Pss)

$$CC = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

### **Punto de marchites permanente**

Se dice que el punto de marchites permanente puede ser estimado a partir de la capacidad de campo.

#### **Por ejemplo**

Datos

formula

Peso del recipiente = 40.7 gr.

Pw = PHS-PSS/PSSX100

P.S.H=119.3 gr.

P.S.S=111 gr.



## Desarrollo

Restar el peso del bote a las 2 muestras

$$119.3 - 40.7 = 78.6 \text{ gr (P.S.H)} \quad 111 - 40.7 = 70.3 \text{ (P.S.S)}$$

Sustituyendo en la formula

$$P_w = 78.6 - 70.3/70.3 \times 100 = 11.8\%$$

## Agua disponible en el suelo

El valor del agua disponible se expresa en términos de láminas o en términos relativos de (%) con el agua útil

### Ejemplo:

Donde se dice si el agua útil actúa al metro de profundidad es de 65 mm y el AUT de ese suelo es de 170 mm, el AU (%) será  $(65/170) \times 100 = 38,2\%$ .

## Toma de muestras

Las muestras se recolectaron en las 36 fincas cafetaleras del cantón 24 de Mayo siguiendo la metodología en zig-zag, y para esto se elaboró un croquis de campo con las medidas que cada finquero señalo. Para esto se tomaron 10 submuestras por finca, la unión de todas, permitió tomar las muestras definitivas, mismas que para su análisis obtuvieron un peso de 1,0 kilogramos.

Es oportuno indicar que las muestras se tomaran de 25 a 30 cm de profundidad, considerando que la planta de café es un cultivo perenne.

## Muestras químicas del suelo

Las 36 muestras de suelo tomadas en cada una de las fincas del cantón 24 de Mayo, fueron enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) siguiendo todos los protocolos recomendados por el establecimiento, lo cual permitió contar con resultados confiables; para determinar los macrominerales y microminerales que sobresalen y carecen estos suelos cafetaleros, el porcentaje de materia orgánica para el cual se utilizaron herramientas como; pico, pala, azadón, abre hoyo, rastrillo, barreno, balde, fundas plásticas entre los más importantes.

## Resultados experimentales

### Análisis del suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo

Caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí –Ecuador, una vez que se tabularon los datos de un

documento Excel, fueron trasladados al software estadístico SPSS (paquete estadístico para las ciencias sociales), se consideraron las siguientes variables químicas.

**Tabla 1.10.**

*Descriptivos cuantitativos de las características químicas del suelo.*

Variables Químicas	N	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Desviación	Varianza	Rango
pH	36	5,8444	7,00	5,00	0,46931	0,220	2,00
N	36	9,3056	24,00	2,00	5,19791	27,018	22,00
P	36	34,8056	63,00	2,00	17,06428	291,190	61,00
K	36	0,7475	2,13	0,12	0,37022	0,137	2,01
Ca	36	23,6944	26,00	20,00	1,93936	3,761	6,00
Mg	36	3,0611	4,20	2,10	0,54420	0,296	2,10
S	36	7,8056	23,00	5,00	3,52801	12,447	18,00
Zn	36	2,3389	4,70	0,90	1,07631	1,158	3,80
Cu	36	3,5056	6,40	1,50	0,95826	0,918	4,90
Fe	36	80,6667	141,00	20,00	34,27786	1174,971	121,00
Mn	36	9,4139	21,20	5,20	3,56973	12,743	16,00
B	36	0,2372	0,47	0,15	0,07308	0,005	0,32
M.O. %	36	1,7389	5,10	1,00	0,88520	0,784	4,10
Ca/Mg	36	7,9667	11,90	5,70	1,74028	3,029	6,20
Mg/K	36	5,9175	26,67	0,99	5,49385	30,182	25,68
Ca+Mg/K	36	51,1786	218,33	12,72	45,61950	2081,139	205,61
Σ BASES- meq/100ml	36	27,5308	30,22	22,88	2,04854	4,197	7,34

**Elaborado por:** Pablo Lucas

El análisis descriptivo establece las medias cuantitativas general de las variables estudiadas en las diferentes fincas del cantón 24 de Mayo, como podemos observar en la **Tabla 1.10** el pH tiene una media de 5,84 lo que quiere decir que existe un grado ligero de acidez, (P), (K), (Ca), (Mg), (Fe), (B) tiene promedios alto en ppm del suelo, mientras que en promedios medios de ppm tenemos (Zn) y (Mn), y expresan promedios bajos (N), (S), (Cu) y (M.O.) con 1,73%; lo cual pese a estas condiciones de suelos no generan algún tipo de afectación a los cultivos de café.

**Tabla 1.11.**

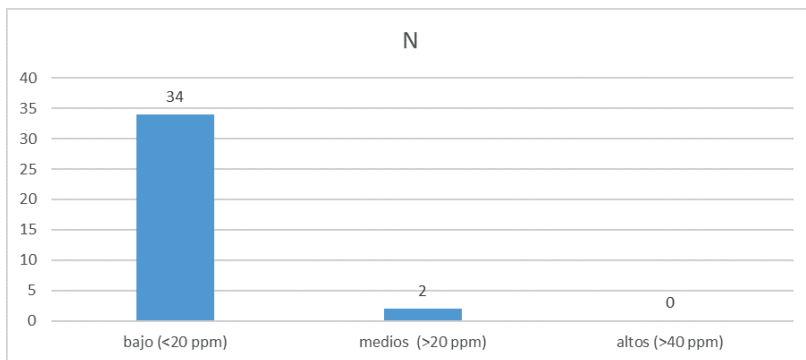
*Descriptivos macro nutrientes.*

	N	P	K	Ca	Mg	S
Media	9,3056	34,8056	0,7475	23,6944	3,0611	7,8056
Rango	22,00	61,00	2,01	6,00	2,10	18,00
Desv. Desviación	5,19791	17,06428	0,37022	1,93936	0,54420	3,52801
Varianza	27,018	291,190	0,137	3,761	0,296	12,447
Mínimo	2,00	2,00	0,12	20,00	2,10	5,00
Máximo	24,00	63,00	2,13	26,00	4,20	23,00

**Nitrógeno (N).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo alcanzan 9,30 ppm en promedio, de acuerdo a nivel establecido se consideran altos (>40 ppm) medios (>20 ppm) y bajo con niveles (<20 ppm) por lo tanto son suelos pobres en nitrógeno, el cual juega un papel importante en el desarrollo y producción del cultivo del café.

**Figura 1.18.**

*Contenido de N.*

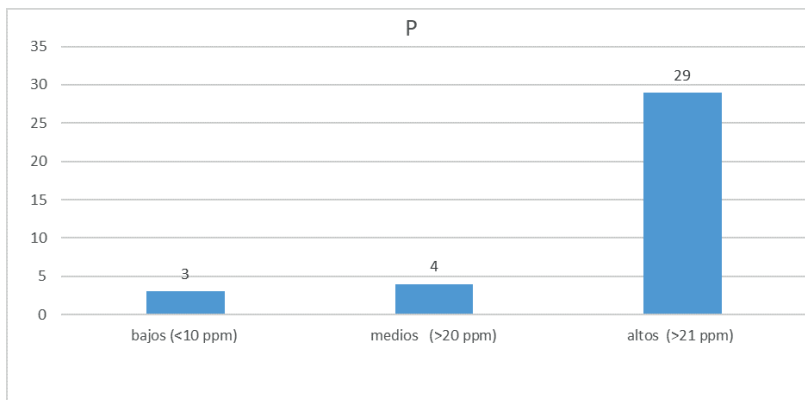


Como se observa en la **Figura 1.18**, N1, de las 36 muestras tomadas, 19 muestras resultaron con contenidos menores a ( $<10$  ppm), 15 muestra mayor a ( $>10$  ppm), y 2 muestra resultado con contenido mayor a (20 ppm) lo cual establece que son suelos bajos en contenido de nitrógeno.

**Fósforo (P).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 34,8056 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido son altos ( $>21$  ppm) medios a partir ( $>20$  ppm) y bajos ( $<10$  ppm) lo cual lo establece que los suelos son altos en fósforo.

### Figura 1.19.

Contenido de (P).

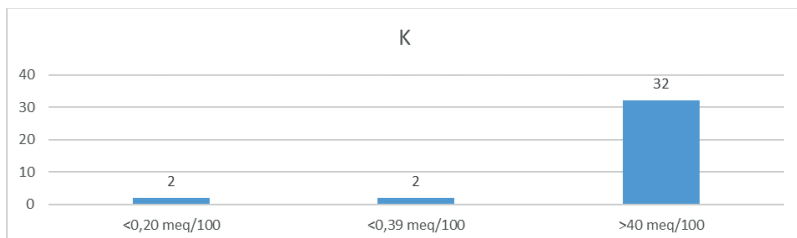


Como se observa en la **Figura 1.19**, de las 36 muestras tomadas, 29 resultaron con contenidos menores de ( $<21$  ppm), 3 muestra menor a ( $<10$  ppm), y 4 muestras mayores a ( $>10$ ppm) en base a estos resultados decimos que son suelos con valores medios de contenido de fosforo.

**Potasio (K).** Los resultados obtenidos mediante la toma de muestras de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo dan como resultado la media de 0,7475 meq/100ml, que de acuerdo a lo niveles establecidos se consideran alto ( $> 0,40$ meq/100ml), medio ( $< 0,39$ meq/100ml), bajo ( $<0,20$ ppm), por tanto el contenido de potasio en el suelo es alto.

### Figura 1.20.

Contenido de (K).

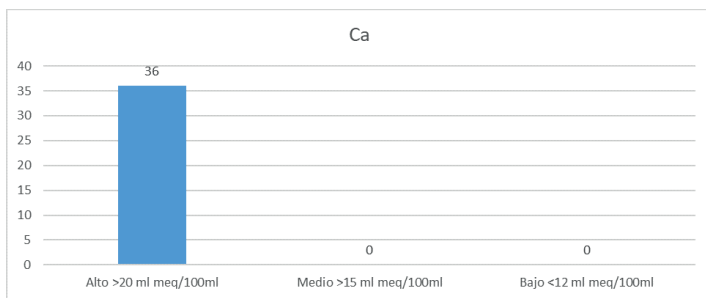


Como se observa en la **Figura 1.20**, de las 36 muestras obtenidas 32 resultaron ser altas en fósforo con un contenido de ( $>0,40$  meq/100ml), mientras que 2 presentaron valor medio de ( $<0,39$  meq/100ml), y solo 2 se consideró con valor bajo de ( $<0,20$  ppm).

**Calcio (Ca).** Mediante los resultados obtenidos a través de muestras de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo dan como resultado la media de 23,6944 meq/100ml, que de acuerdo a los niveles establecidos se consideran alto ( $> 20$  meq/100ml), medio ( $> 15$  meq/100ml), bajo ( $<12$  ppm), por tanto el contenido de calcio en el suelo es alto.

### Figura 1.21.

Contenido de (Ca).

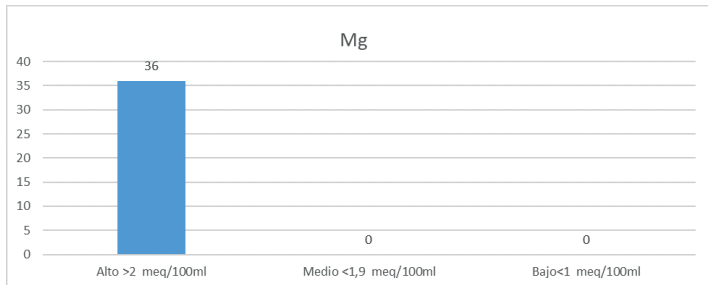


Como se puede observar en la **Figura 1.21**, de las 36 muestras, 36 de ellas alcanzan un ( $>20$  meq/100ml) es decir alto en calcio, mientras que no se presentaron valores medio de ( $>15$  meq/100ml) tampoco se encontraron índices bajos ( $<12$  ppm.).

**Magnesio (Mg).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 3,0611 meq/100ml en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos en magnesio ( $> 2$  meq/100ml), medios ( $< 1,9$  meq/100ml), bajos ( $< 1$  ppm), por lo tanto el contenido de magnesio es alto.

**Figura 1.22.**

*Contenido de (Mg).*

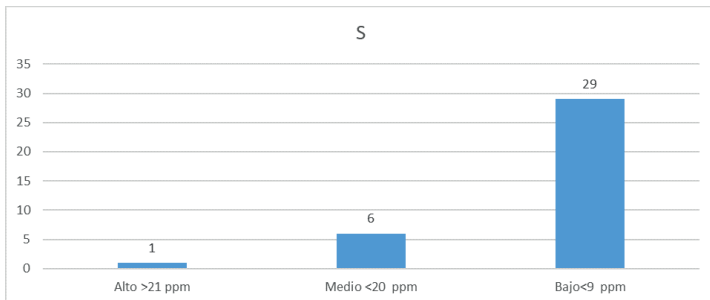


Mediante la **Figura 1.22** se puede observar que de las 36 muestras tomadas dieron como resultado contenido alto de magnesio, ya que las 36 presentan valores ( $> 2$  meq/100ml), mientras que no presentan contenidos medios ni bajos de magnesio.

**Azufre (S).** Previo a los resultados obtenidos, los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 7,8056 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos en azufre ( $> 21$  ppm), medios ( $< 20$  ppm), bajos ( $< 9$  ppm), por lo tanto el contenido de azufre es bajo

**Figura 1.23.**

*Contenido de (S).*



Mediante la **Figura 1.23** se puede observar que de las 36 muestras tomadas 29 de ellas poseen bajo contenido de azufre lo cual poseen (<9ppm), mientras que 6 muestras dieron un índice medio de azufre (<20ppm), se presentó un valor alto (>21ppm).

En lo relacionado a los micronutrientes, presenta los contenidos nutricionales de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo.

**Tabla 1.12.**

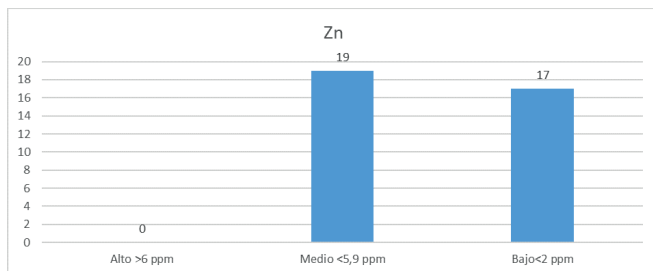
*Descriptivos de micro nutrientes.*

	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	ΣBASES- meq/100ml
Media	2,3389	3,5056	80,666	9,4139	0,237	7,9667	5,917	51,1786	27,5308
Rango	3,80	4,90	121,00	16,00	0,32	6,20	25,60	205,61	7,34
Desv. Desviación	1,07631	0,95826	34,27786	3,56973	0,0730	1,74028	5,4938	45,6195	2,0485
Varianza	1,158	0,918	1174,9	12,743	0,005	3,029	30,18	2081,13	4,197
Mínimo	0,90	1,50	20,00	5,20	0,15	5,70	0,99	12,72	22,88
Máximo	4,70	6,40	141,00	21,20	0,47	11,90	26,67	218,33	30,22

**Zinc (Zn).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 2,3389 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (> 6 ppm) medios (< 5,9 ppm) y bajos (< 2 ppm) por lo tanto los suelos son bajos en zinc.

**Figura 1.24.**

*Contenido de (Zn).*

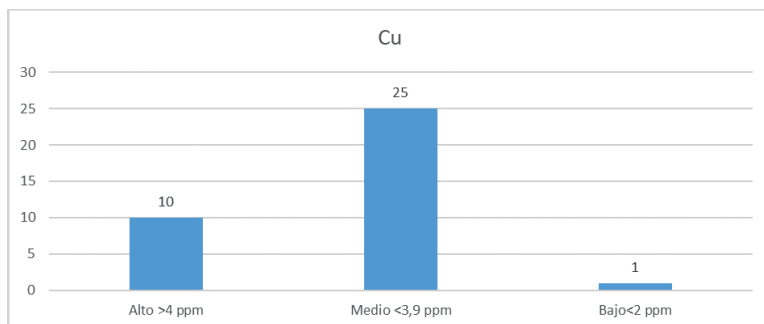


Mediante la **Figura 1.24** se puede observar que de las 36 muestras tomadas 19 dieron como resultado medio contenido de Zn que es representado ( $< 5,9$  ppm), los resultados de 17 muestra fueron bajos ( $< 2$  ppm), no se presentaron resultados altos ( $> 6$  ppm).

**Cobre (Cu).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 3,5056 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos ( $> 4$  ppm), medios ( $< 3,9$  ppm), bajos ( $< 2$  ppm), por lo tanto el contenido de cobre es bajo.

**Figura 1.25.**

*Contenido de (Cu).*



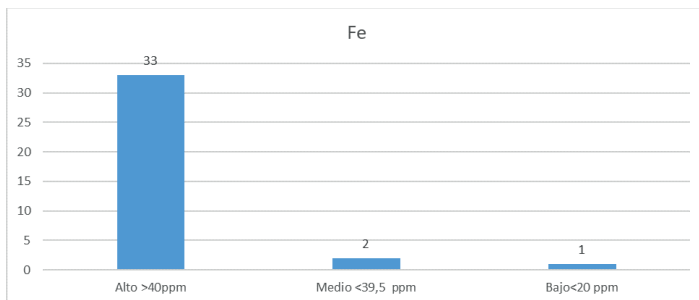
Como se observa en el **Figura 1.25**, de las 36 muestras tomadas, 25 muestras resultaron con contenidos medios ( $<3,9$ ppm), 10 muestra dieron contenidos altos con valores ( $> 4$  ppm) y 1 muestra de contenido ( $<2$  ppm) considerada como bajo contenido de cobre.

**Hierro (Fe).** Los resultados adquiridos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 80,6667 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido altos ( $>40$ ppm), medios ( $<39,5$  ppm), bajos ( $< 20$  ppm), por tanto, los suelos son altos en hierro.



### Figura 1.26.

Contenido de (Fe).

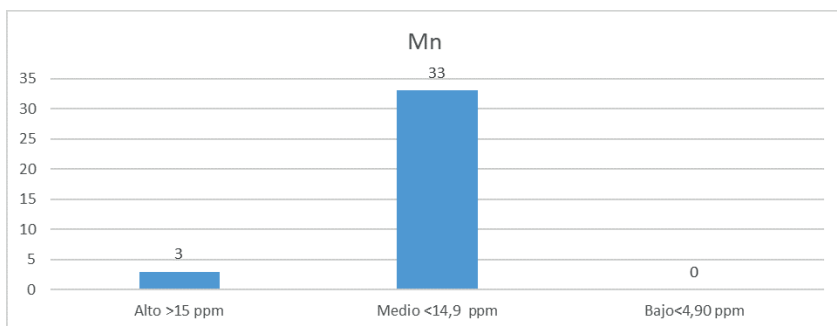


Como se observa en la **Figura 1.26** de las 36 muestras tomadas 33 de ellas dieron como resultados altos en hierro con valores (>40 ppm), mientras que 2 muestras presentaron un medio contenido de hierro (<39,5 ppm), y 1 muestra con contenido bajos (<20ppm).

**Manganeso (Mn).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 9,4139 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>15ppm), medios (<14,9 ppm), bajos (< 4,90 ppm), por tanto, los suelos son medios en manganeso.

### Figura 1.27.

Contenido de (Mn).



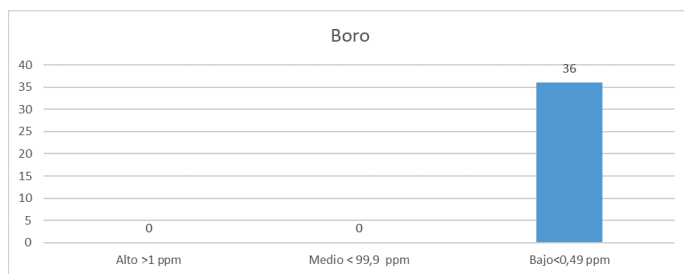
Como se observa en la **Figura 1.27**, de las 36 muestras tomadas, 33 de ellas dieron como resultado medio en contenido de manganeso ya que pre-

sentaron (<14,9ppm), mientras que 3 muestras dieron un valor alto (>15ppm), no se presentó contenido bajo (<4,90ppm).

**Boro (B).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 0,2372 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>1ppm), medios (<0,99 ppm), bajos (< 0,49ppm), por tanto, los suelos son bajos en boro.

**Figura 1.28.**

*Contenido de (B).*



Como se aprecia en la **Figura 1.28**, de las 36 muestras dieron como resultado contenidos bajos en boro ya que presentaron valores (<0,49 ppm), mientras que no se presentaron muestras altas (> 1 ppm) ni media (<0,99 ppm).

**Relación Ca/Mg.** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 7,9667 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan con deficiencia de magnesio (Mg) (González, 2015)

**Tabla 1.13.**

*Relación (Ca /Mg).*

Relación Ca/Mg	Valoración
<1	Deficiencia de calcio
Entre 1 y 2	Bajo nivel del (Ca) respecto al (Mg)
Entre 2 y 5	Ideal
>5	Deficiencia de magnesio

**Relación Mg/K.** Los resultados alcanzados, establecen que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 5,9175 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan como aceptables (González, 2015)

**Tabla 1.14.**

*Relación (Mg/K).*

Relación Mg/K	Valoración
<1	Deficiencia de magnesio
Entre 1 y 3	Aceptable
3	Ideal
Entre 3 y 18	Aceptable
>18	Deficiencia de potasio

**Relación (Ca + Mg)/K.** Los resultados que se obtuvieron, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan 51,1786 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan con deficiencia de potasio (González, 2015)

**Tabla 1.15.**

*Relación (Ca+Mg) K.*

Relación (Ca + Mg)/K	Valoración
<40	Adecuado para el potasio
>40	Deficiencia de potasio

Como parte del estudio químico del suelo, se incluyó el análisis de pH y M.O, mismos que son considerados fundamentales en la toma de decisiones agras productivas.

**Tabla 1.16.**

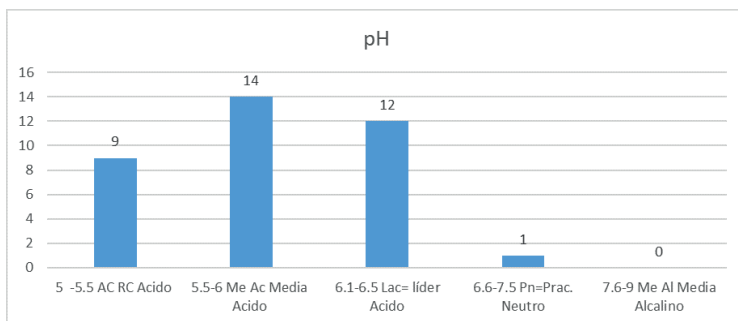
*Descriptivos de pH y materia orgánica del suelo.*

	pH	M.O. %
Media	5,8444	1,7389
Mediana	2,00	4,10
Desv. Desviación	0,46931	0,88520
Varianza	0,220	0,784
Mínimo	5,00	1,00
Máximo	7,00	5,10

**Potencial de hidrogeno (pH).** Los resultados, determinan que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan un pH 5,8444 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan ácidos (5-5.5), medio ácidos (5.5-6), líder ácidos (6.1-6.5), parcial neutro (6.6-7.5), medio alcalino (7.6-9) por lo tanto, los suelos cafetaleros son denominados como medios ácidos.

**Figura 1.29.**

*Contenido de pH.*

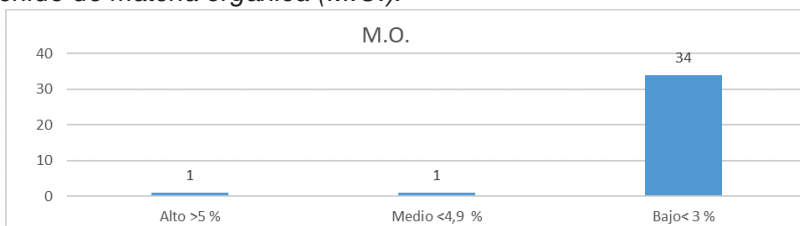


Como se puede observar en la **Figura 1.29**, de las 36 muestras realizadas, obtuvimos 14 muestras con un contenido de pH medio ácido (5.5-6), 12 muestras con un pH líder ácido (6.1-6.5), 9 muestras con un pH ácido (5-5.5), 1 muestra con un pH parcialmente neutro (6.6-7.5), no se presentaron muestras con pH medio alcalino (7.6-9).

**Materia orgánica.** Los resultados obtenidos, establecen que los suelos del cantón 24 de Mayo, alcanzan un valor de 1,7389 % de M.O. en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>5 %), medios (<4,9 %), bajos (< 3% ppm), por tanto, los suelos son denominados bajos en materia orgánica.

**Figura 1.30.**

*Contenido de materia orgánica (M.O.).*



Como se puede apreciar en la **Figura 1.30**, de las 36 muestras 34 resultaron tener un porcentaje bajo de materia orgánica (<3%), una muestra resulto media en materia orgánica ya que presento (<4,9%) y una muestra con contenidos altos de materia orgánica (>5%).

Determinar las características físicas del suelo cafetalero del cantón 24 de Mayo de la provincia de Manabí-Ecuador ver la **Tabla 1.17**, que se muestra como se utilizó el método de fórmulas a partir de los resultados obtenidos del laboratorio de INIAP.

**Tabla 1.17.**

*Descriptivos características físicas, (texturas).*

Variables Físicas	N	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Desviación	Varianza	Rango
C.C.	36	21,6936	31,20	11,20	4,49333	20,190	20,00
P.M.P.	36	11,0531	18,09	3,29	3,32437	11,051	14,80
A.D.S.	36	10,6408	13,11	7,91	1,16811	1,364	5,20
Arena	36	42,1111	76,00	16,00	12,71170	161,587	60,00
Limo	36	33,8333	48,00	12,00	8,21671	67,514	36,00
Arcilla	36	23,8333	44,00	6,00	8,71616	75,971	38,00

**Elaborado por:** Pablo Lucas

La **Tabla 1.17**, En lo que respecta a la Capacidad de Campo (C.C.), esta alcanza un 21,6936%; El Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.) alcanza el 11,0531%, es oportuno indicar que para la obtención de estos valores, se aplicó las fórmulas planteadas por Silva *et al.*, (1988), para la C.C. se aplicó: (%C.C.) = 21,977 - 0,186 (%Arena) + 2,601(%Materia Orgánica) + 0,127(%Arcilla); y para la obtención del PMP, se siguió el siguiente esquema (%P.M.P.) = -5 + 0,74 (%C.C.).

El agua disponible en el suelo fue de 10,6408%; para la obtención de este dato, se siguió la recomendación de García *et al.*, (2013), quien aplicó la siguiente formula: (A.D.S.) = C.C. - P.M.P.

**Tabla 1.18.**

*Parámetros descriptivos de textura.*

<b>Nombres vulgares de los suelos (textura general)</b>	<b>Arenoso</b>	<b>Limoso</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>Clase textural</b>
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
	23-52	28-50	0-27	Franco
Suelos francos (textura mediana)	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

En lo relacionado al contenido de arena, fue 42,1111, limo de 33,8333 y arcilla con un valor de 23,8333 lo que significa que los suelos del cantón 24 de Mayo en su mayoría presentan suelos franco-arenosos, si en el suelo contiene el 60% de arena, 30% de limo y 10% de arcilla se denominan textura franca arenosa, si el porcentaje de arcilla se incrementa a un 30%, el limo al 40%, y la arena al 40%, la textura vendrá a ser franco arcilloso.

Los suelos por la descripción planteada son franco – arenosos y en menor medida franco arcillosos.

### **Análisis multivariante**

Se realizó un análisis multivariante, con el fin de definir el tipo de suelo que existe en la zona cafetalera del cantón 24 de Mayo. Y para aquello, se aplicó el Análisis clúster y el Análisis de Componentes Principales.

**Clúster jerárquico.** Con la finalidad de agrupar las mejores características particulares en la comunidad de 24 de mayo, se aplicó clúster jerárquico definiéndose en 3 grupos.

**Clúster 1.** Los suelos del cantón 24 de Mayo presentan bajos niveles en amonio ( $\text{NH}_4$ ) ya que presentan cantidades ( $<20$  ppm), el contenido de potasio (K) es alto ya que esta representados por valores ( $> 0,40$  meq/100ml), el contenido de calcio (Ca) es alto ya que poseen todos los valores altos ( $>20$  meq/100ml), el contenido de magnesio (Mg) es alto representados con valores ( $> 2$  meq/100ml), el contenido de zinc (Zn) es medio porque posee valores ( $<5,9$  ppm), el contenido de cobre (Cu) se establece como medio por presentar valores ( $< 3,9$  ppm), el contenido de boro (B) lo establece como bajo por presentar valores ( $<0,49$  ppm).

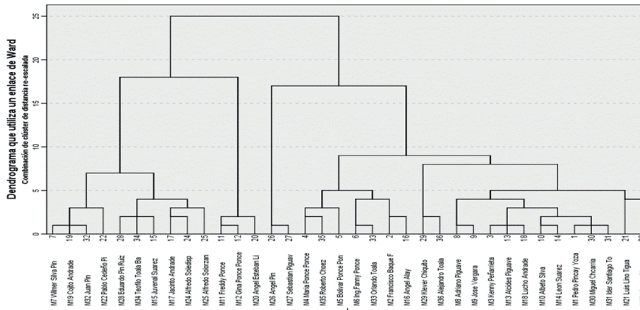
**Clúster 2.** Nos indica que los suelos del cantón 24 de mayo son bajo en amonio ( $\text{NH}_4$ ) con valores ( $<20$  ppm), el contenido de magnesio (Mg) es alto con valores ( $>2$  meq/100m), el contenido de boro (B) es bajo presentando valores ( $<0,49$  ppm), el contenido de materia orgánica (M.O.%) está representado por valores bajo ( $< 3$  %), mientras que en la clase de textura sobresalen los suelos francos arcillosos, C.C. consta con una media de (21,69), P.M.P. está representado por una media de (11,05), ADS presentan una media de (10,64).

**Clúster 3.** Nos muestra que los suelos del cantón 24 de mayo presenta un alto contenido de magnesio (Mg) ( $> 2$  meq/100ml), el contenido de cobre (Cu) es bajo por lo que presentan valores ( $< 3,9$  ppm), el contenido de manganeso (Mn) en los suelos es medio y está representado por valores ( $<14,9$  ppm), el contenido de boro (B) es bajo porque presentan valores ( $<0,49$  ppm), el contenido de materia orgánica (M.O. %) Bajo ( $<3$  %), mientras que en la clase de textura sobresalen los suelos franco arenosos.

**Validación de clúster.** Para validar los clúster se aplicó un análisis de varianza (cuadro 3), en el que se aprecian diferencias estadísticas altamente significativas p valor  $< 0,01$ , entre fincas; con lo que se justificó lo actuado

**Figura 1.31.**

*Demograma clúster jerárquico.*



El Análisis clúster, es conocido como un Análisis de Conglomerados, y es una técnica de estadística multivariante que busca agrupar las variables tratando de lograr la homogeneidad en cada grupo. Para validar los clúster se aplicó un análisis de varianza en el que se aprecian diferencias estadísticas altamente significativas p- valor <0,01, entre fincas; con lo que se justificó lo actuado.

Se aplicó el respectivo análisis de varianza uní factorial con una técnica estadística para reducción de datos para explicar la correlación entre las variables, donde se encontró diferencia estadística, y se establece que, si existen diferencias estadísticas.

**Tabla 1.19.**

*Análisis de Varianza de clúster.*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	1,222	2	0,611	3,109	0,058
NH <sub>4</sub>	56,246	2	28,123	1,043	0,364
P	2834,235	2	1417,117	6,356	0,005*
K	1,303	2	0,651	6,152	0,005*
Ca	43,633	2	21,817	8,181	0,001**
Mg	0,536	2	0,268	0,899	0,417
S	29,133	2	14,567	1,183	0,319
Zn	1,685	2	0,843	0,716	0,496
Cu	2,145	2	1,073	1,180	0,320



Fe	8290,625	2	4145,312	4,166	0,024
Mn	25,926	2	12,963	1,018	0,372
B	0,013	2	0,006	1,209	0,311
M.O. %	4,512	2	2,256	3,249	0,052
Ca/Mg	17,011	2	8,506	3,154	0,056
Mg/K	875,695	2	437,848	79,967	0,000**
Ca+Mg/K	54408,641	2	27204,321	48,708	0,000**
Σ BASES- meq/100ml	41,913	2	20,957	6,589	0,004*
C.C.	388,746	2	194,373	20,177	0,000**
P.M.P.	212,716	2	106,358	20,162	0,000**
A.D.	26,267	2	13,133	20,168	0,000**
Arena	3237,185	2	1618,592	22,087	0,000**
Limo	719,777	2	359,888	7,227	0,002**
Arcilla	925,661	2	462,830	8,812	0,001**

\*Significativo al  $P < 0.01$

\*\*Altamente significativo al  $P < 0.01$

### **Elaborado por:** Pablo Lucas

En la **Tabla 1.19**, mediante el análisis de clúster se determinó que fue significativo por lo tanto existen diferencias estadísticas en el caso de las variables químicas como fósforo (P), Potasio (K) y Calcio (Ca), y las variables siguientes relación Mg/k, Ca+Mg/k y  $\Sigma$  BASES- meq/100ml y las variables físicas son altamente significativas C.C. (capacidad de campo), Punto de marchitez permanente (P.M.P.), Agua disponible (A.D.), arena, limo y arcilla.

El análisis definió dos componentes (60% de la varianza). En el primer componente engloba la caracterización química de los suelos, en el segundo está orientado las características físicas.

## Análisis de componentes principales

**Tabla 1.20.**

*Análisis de componentes principales.*

Variables	Componente	
	1	2
pH	-0,422	0,683
P	0,064	0,663
K	0,055	0,846
Ca	0,422	0,398
Mg	-0,480	-0,048
Zn	0,536	0,147
Fe	0,294	-0,597
Mn	0,718	-0,233
M.O. %	0,896	0,008
Ca/Mg	0,575	0,262
Mg/K	-0,072	-0,873
Ca+Mg/K	0,003	-0,869
Σ BASES- me- q/100ml	0,268	0,519
C.C.	0,899	-0,031
P.M.P.	0,899	-0,031
A.D.S.	0,899	-0,031

**Componente 1.** Según la matriz de componentes principales se observa que las variables físicas y químicas presentan el valor absoluto de los coeficientes distinguiendo los valores altos y bajos. En nuestro caso en el primer componente observamos que las variables que les representan son: Ca, Mg, Mn, M.O. %, Ca/Mg, C.C., P.M.P, A.D.S.

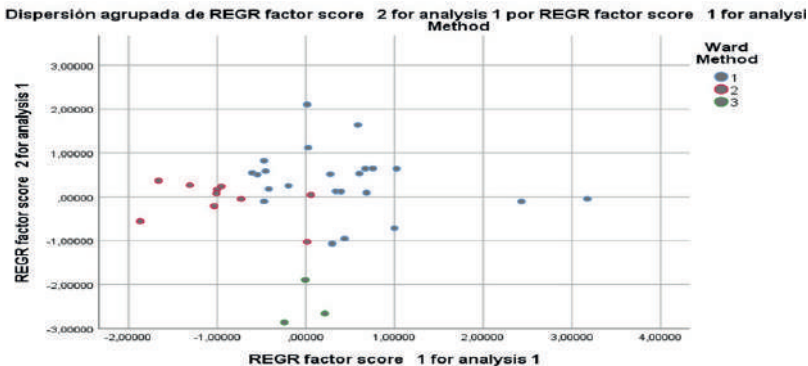
**Componente 2.** Como se observa, está caracterizado por las siguientes variables: fosforo (P), zinc (Zn), relación Mg/K, Ca+Mg/K. con contenidos medios en fosforo (P) y medios en zinc (Zn) y con propiedades físicas menores a las del componente uno.

## Gráfico de dispersión

Para poder culminar con los análisis factoriales, se representa con un gráfico de dispersión la **Figura 1.32**, en donde se ordenaron los componentes principales con los clústeres ya identificados anteriormente.

### Figura 1.32.

*Gráfico de dispersión.*



Como podemos observar el componente 1, son los clústeres 1 y 2, y presentan la mayor cantidad de variables físicas y químicas. Nos indica que los suelos del cantón 24 de Mayo son bajo en ( $\text{NH}_4$ ) con valores ( $<20$  ppm), el contenido de magnesio (Mg) es alto con valores ( $>2$  meq/100m) de la misma manera el contenido de calcio (Ca) es alto con valores ( $>20$  meq/100ml), el contenido de (B) es bajo presentando valores ( $< 0,49$  ppm), cabe destacar que estos suelos tienen deficiencia de nitrógeno el cual es esencial para el crecimiento vegetal y la alta producción de café identificados como macro minerales y micro minerales el zinc (Zn) está nivel medio y el cobre (Cu) en nivel bajo, aunque se encuentran en concentraciones adecuadas. En la clase de textura sobresalen los suelos francos arenosos, y cuentan con propiedades físicas aceptables.

El componente 1 y 2, representado por el clúster 3, encontramos contenidos altos en magnesio (Mg) sin embargo cabe destacar que se encontró contenidos bajos de materia orgánica (M.O.)

Como podemos darnos cuenta el clúster (1-2) y en base a la relación del componente 1 y 2, nos muestra un suelo franco, el cual es rico en N, P, K, Ca, Mg, identificando macro minerales y Zn, Cu, micro minerales, teniendo un

sentido similar aunque se encuentran en concentraciones adecuadas existen valores muy bajos entre muestras estudiadas.

Permite además apreciar lo que nos muestra el clúster 3 encontramos Fe, Mn minerales que si observamos en la figura 7 están casi intermedios en el componente 1 y 2. La materia orgánica en promedios en muy deficiente; cabe recalcar que siendo nuestro suelo mayoritariamente franco, existen aspectos importantes y deben considerarse como factores de toma de decisiones en el manejo nutricional del cultivo de café.

## Discusión

Aprile, H. (2017). Menciona, que la materia orgánica tiene mucha importancia para tener una alta productividad del cultivo, ya que esta influye en forma decisiva en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, favorece la retención de humedad y es el principal sustrato para el desarrollo de pequeños organismos que la transforman en una gran fuente de alimento para el cafeto; los suelos buenos para cultivar café deben tener contenidos de materia orgánica mayores al 8%. Como fue posible evidenciar de acuerdo al análisis químico efectuado por INIAP se consideró que los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo poseen niveles pobres de materia orgánica (1,74%), a esto se suman los niveles de pH ligeramente ácidos que en su gran mayoría son característicos de los suelos que se dedican a la explotación cafetalera; como lo establece (Armando, s.f.) Los suelos de la zona cafetera en condiciones generales pertenecen a los órdenes taxonómicos Entisoles e Inceptisoles, presentando pH ácido, texturas franco arcillosa a franco arcillo arenosa, deficiencias de fósforo y concentraciones medias a altas de los demás elementos químicos.

Para el café, el pH óptimo del suelo varía de 5.5 a 6.5. Cuando es menor de 5.5, se debe evaluar los contenidos de manganeso (Mn) y de aluminio (Al), entre otros nutrientes. Si el nivel de estos elementos es alto provoca toxicidad en la planta. Además, afecta la población y las actividades de los microorganismos en la mineralización de la materia orgánica (CENICAFE, 2014).

En Brasil se considera que un suelo cafetalero ideal debe contener alrededor del 5% de M.O (Carvajal, 1984); por su parte, INMECAFÉ Y NESTLÉ (1990) recomienda en suelos con menos del 7% de M.O una fertilización completa, mientras que para valores superiores al 10% de M.O sugería no fertilizar. INMECAFÉ Y NESTLÉ (1990) propone que cuando el contenido de N total es mayor de 0.8%, el suelo no necesita fertilización nitrogenada.

Mariño, Y. (2006). Obtuvieron resultados similares en suelos cafetaleros bajo manejo convencional en Veracruz, en donde reportaron cantidades que se consideran de altas a muy altas de N total. INMECAFÉ Y NESTLÉ (1990) sugiere que cuando el contenido de P sea mayor de 20 mg kg<sup>-1</sup> no es necesario aplicar fertilización fosfórica. Para el caso del estado de Veracruz, Martínez et al. (2003) reportan deficiencias de este nutrimento en suelos cafetaleros convencionales con niveles bajos (< 6.5 mg kg<sup>-1</sup>), en 74% de los sitios observados, excepto en los de tipo Feozem en donde el contenido fue medio. En cuanto al contenido de K, INMECAFÉ Y NESTLÉ (1990) indica que debe utilizarse en el intervalo de 0.27 a 0.38 cmol kg<sup>-1</sup>; Ramirez, R. (1997). Sugiere un intervalo de 0.16 a 0.22 cmol kg<sup>-1</sup>. En este proceso experimental se pueden destacar los contenidos de macros y micronutrientes expresados en ppm como: (P) 34,80; (K) 0,74; (Ca) 23,69; (Mg) 3,06; (Fe) 80,66; (B) 0,23; (Zn) 2,33; (Mn) 9,4; (NH<sub>4</sub>) 9,30; (S) 7,70; (Cu) 3,50; considerando los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo con niveles elevados de Fosforo, Calcio, Hierro.

En relación a las características físicas las variables físicas la capacidad de campo arroja una media de 21,693%, el punto de marchitez permanente 11,056%, agua disponible en el suelo 10,640%, arena 42,111%, limo 33,833% y arcilla 23,833%. (Zambrano, 2020), determino los valores de la capacidad de campo del 27% significa que 100 g de tierra seca retienen 27 g de agua, un punto de marchitez del 12%, el suelo tiene 12 g de agua por 100 g de tierra seca. López, *et al.*, (2016) por su parte señala la arcilla presenta poca influencia sobre el comportamiento de la C.C., lo cual puede ser debido a la textura franco arenosa de los suelos representada por 43% de arena, 28.8% de arcilla y 28.2 % de limo lo que produce que exista una buena retención de agua en el suelo, no obstante su velocidad de infiltración tiende a ser muy lenta considerando como recomendación la aplicación de riego a través del riego por goteo.

## Conclusiones

La investigación de los suelos cafetaleros del cantón 24 de Mayo provincia de Manabí, nos permitió demostrar que, poseen porcentajes de micronutrientes y macronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, en este caso poseen bajos niveles de Nh<sub>4</sub> (9,3056ppm), con un contenido de fosforo (P) alto de (34,8056 ppm), presenta un contenido de potasio (K) alto (0,7475 meq/100ml), el contenido de calcio (Ca) es alto (23,6944 meq/100ml), presentan niveles de magnesio (Mg) altos (3,0611 meq/100ml), y bajo niveles de azufre (S) con (7,8056ppm). El contenido de zinc (Zn) son medios (2,3389 ppm), el contenido de cobre (Cu) presenta valores medio(3,5056 ppm), pre-

sentan cantidades altas en hierro (Fe) (80,6667 ppm), el contenido de manganeso (Mn) es medio (9,4139 ppm), presentan bajos niveles de boro (B) (0,2372 ppm), en cuanto a relación Ca/Mg presenta deficiencia de mg (7,9667), en relación Mg/K son aceptables los suelos (5,9175), en relación (Ca+Mg)/K presentan deficiencia de potasio (51,1786), en lo descriptivo presentan un ph medio (5,8444) mientras que el contenido de (M.O.%) es bajo (1,73).

En relación a las característica físicas las variables físicas la capacidad de campo arroja una media de 21,693%, el punto de marchitez permanente 11,056%, agua disponible en el suelo 10,640%, arena 42,111% , limo 33,833% y arcilla 23,833% lo que significa que los suelos del cantón 24 de Mayo en su mayoría presentan suelos franco-arenosos y que poseen características como alta permeabilidad, retienen fácilmente el agua y contienen más nutrientes con un pH de 5,84 el cual está dentro de valores promedios para un buen desarrollo del café.

### **1.3. Caracterización físico química de los suelos cafetaleros del cantón Paján de la provincia de Manabí Ecuador**

#### **Resumen**

La investigación tuvo como objetivo, caracterizar física y químicamente el suelo cafetalero del cantón Paján; la metodología utilizada en la presente investigación fue de carácter experimental, aplicando estadística descriptiva y no paramétrica, el análisis estadístico involucro la aplicación de análisis de varianza, Análisis de Componentes Principales (APC), correlación de variables y técnica multivariante de reducción de factores, lo cual se convino con clúster jerárquico. Los resultados alcanzados para las variables químicas en este estudio indicaron un pH con una media 5,92. (P), (K), (Ca), (Mg), (B), (Fe) con valores altos, (Zn), (Mn) y (N) expresan valores medios, y con valores bajos (S), (Cu), y (%M.O.) con 1,73%. Para las variables físicas se obtuvieron los siguientes valores, capacidad de campo 21,28%, agua disponible en el suelo 10,53%, punto de marchitez permanente 10,74%, arena 47,56%, limo 28,67 % y arcilla 23,78 %, caracterizando un suelo con textura franca. El análisis de componentes principales permito clasificar 3 clúster, definiendo las variables en grupos particulares, que se corroboran en un gráfico de dispersión.

#### **Introducción**

La actividad cafetalera en el Ecuador, ha sido enfocada como cadena agroindustrial durante los últimos años; lo cual ha constituido una fuente de trabajo para un gran porcentaje de la Población Económicamente Activa del país, conforme se detalla a continuación: Se estima que alrededor de 130.000 agricultores cultivan café en sus fincas; si tomamos en cuenta que en cada unidad productiva existen al menos 5 miembros por familia, el número de productores vinculados a esta actividad supera las 600.000 personas. En cuanto a los comerciantes, su número es de aproximadamente 500, mientras que las industrias ocupan a alrededor de 850 personas en sus labores de transformación del café. En lo referente a los exportadores de café en grano e industrial, suman 40 y 5, respectivamente, según datos proporcionados por la Asociación Nacional de Exportadores, debiendo añadir al personal que se ocupa de la movilización, acopio y manipuleo del producto en este último proceso (Anónimo, 2001).

El manejo de suelo juega un papel muy importante dentro de la producción de un cultivo y especialmente en las plantaciones de café, porque el suelo es el primer sistema en el que vive la planta, y de éste absorbe agua y nutrientes críticos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc.

Cuando se maneja apropiadamente el sistema del suelo también ayuda a mantener el nivel de humedad necesario para darle a la planta de café el agua que necesita; esto es especialmente importante durante las canículas.

Hay que pensar en el suelo como un sistema equilibrado. Si se quita más de lo que se pone (concretamente, si no se reemplazan los nutrientes con fertilizante), entonces el sistema colapsa. Por eso es tan esencial la Gestión Integrada de la Fertilidad del Suelo para la salud de la planta. La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene de proporcionar nutrientes a las plantas. Alta fertilidad se traduce en plantas de café saludables y rendimientos más altos, siempre que haya suficiente agua en el suelo (Catholic Relief Services, 2017).

El cantón Paján perteneciente a la zona sur de la provincia de Manabí, es una zona de base principal en proveedores de bienes para la exportación cafetalera, donde se cultiva variedades de especies como: café robusta (*Coffea canephora*) y café arábigo (*Coffea arábica*) Acawa y Sarchimor, en el cual los suelos inciden considerablemente por los contenidos de nutrientes como: calcio (Ca); potasio (K); magnesio (Mg) y fósforo (P); en el crecimiento de cada una de las especies establecidas; siendo consideradas importantes para su desarrollo y solubilidad de las plantas (Ponce & Proaño, 2018).

Según (Fernanda, 2021), afirma que el inadecuado manejo nutricional del suelo, es considerado muchas veces como uno de los factores de alta incidencia en la baja productividad del cultivo de café.

Por ende, nuestros productores por déficit de conocimiento técnico y la aplicación muchas veces inescrupulosa de manejos empíricos sobre las características físicas y químicas de los suelos cafetaleros, generan en su gran mayoría degradaciones de suelo que se ven reflejadas en sus bajas considerables de producción o de calidad de su cosecha afectando su rentabilidad y desmejorando su calidad de vida, lo cual ha conllevado en su gran mayoría a dejar las prácticas agrícolas a un lado, optando por emigrar a las grandes ciudades a cumplir otras actividades para obtener una mejor remuneración económica.

El estudio tiene como objetivo dar a conocer las características físicas y químicas de los suelos cafetaleros del cantón Paján; los mismos permitirán a los caficultores identificar las condiciones de sus suelos y tomar decisiones sobre el manejo o mejoramiento de sus distintas propiedades, contando de esta manera con plantas más vigorosas que al final se reflejara en la productividad y rentabilidad de sus cosechas; mejorando de esta manera su calidad de vida y evitando el deterioro de sus suelos agrícolas.



## Metodología utilizada

La investigación se realizó en el cantón Paján de la provincia de Manabí, que se encuentra ubicado geográficamente: latitud -1.553007, longitud -80.425457 y altitud 149 m.s.n.m.; la temperatura media anual es de 24 a 29 °C, cuenta con una humedad relativa de 100 milímetros y con precipitaciones medias anuales de entre 1.000 y 2.000 milímetros, según datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

### Limites.

- **Al norte:** Con el Cantón 24 de mayo y Olmedo.
- **Al sur:** Con el Cantón Santa Elena.
- **Al este:** Con los Cantones Colimes, Santa Lucia y Pedro Carbo (Provincia de las Guayas).
- **Al oeste:** Con el Cantón jipijapa.

Para el desarrollo de la investigación y recolección de las distintas muestras de suelo se emplearon las siguientes herramientas, materiales e insumos:

- Abre hoyos
- Pala
- Flexómetro
- Cilindro metálico de 0,06 m de ancho x 0,10 m de alto
- Barreno
- Machete
- Navaja
- Martillo
- Alcohol metílico
- Fundas al vacío de 1,0 kg
- Tubo de PVC de 0,15 m de diámetro interno x 0,70 m de alto
- Balanza gramera digital
- Libreta de campo
- Reactivos químicos para laboratorio

Para la ejecución del proceso experimental, se tomaron 27 muestras de suelo provenientes de fincas cafetaleras; las cuales fueron llevadas posteriormente a laboratorio para su respectivo análisis de propiedades físicas y químicas de cada muestra de suelo. Dichas muestras fueron tomadas en el año 2020, considerando el tiempo en que tarda la obtención de los resultados de sus análisis en laboratorio, este proceso se lo llevo a cabo en conjunto con el proyecto de investigación institucional denominado: Manejo Integral del suelo, fertilidad y agua en los suelos cafetaleros, el cual es ejecutado por la carrera Agropecuaria de la UNESUM.

El proceso investigativo empleado fue de origen experimental-explicativo permitiendo de esta forma la caracterización de las propiedades físico-químicas de los suelos cafetaleros del cantón Paján a través de análisis en laboratorio y de campo.

### **Factor de estudio**

Caracterización físico-química de los suelos cafetaleros del cantón Paján de la zona Sur de Manabí. Se tomarán 27 muestras de suelo para su respectivo análisis.

### **Diseño experimental**

A partir de los resultados obtenidos de las 27 muestras de suelo analizadas, se realizó el análisis de datos, aplicando estadística descriptiva, así mismo se aplicó clúster Jerárquico y el Análisis de Componentes Principales (ACP).

El clúster es una técnica de clasificación que sirve para poder detectar y describir subgrupos de sujetos o variables homogéneas en función de los valores observados dentro de un conjunto aparentemente heterogéneo. Consideramos que este análisis es robusto, pues se tienen en cuenta la independencia y distribuciones de probabilidad, empleando una medida de distancia que asume que las variables en el modelo de conglomerado son independientes asumiendo, además, que cada variable continua tiene una distribución normal y cada variable categórica tiene distribución multinomial (Baños *et al.*, 2014).

Un método de análisis multivariante de gran utilidad para explicar las fuentes de variabilidad de un proceso y reducir dimensionalidad de los datos, es el Análisis de Componentes Principales (ACP). Este método transforma la información multidimensional en unas pocas variables que explican una gran parte de las fluctuaciones de las variables originales, así como sus interrelaciones (Gozá *et al.*, 2020).

Una vez realizado el agrupamiento, podemos clasificar los grupos por afinidad en segmentos diferenciados, estudiar que grupos se comportan mejor ante las características físicas y químicas de los suelos. La realización de grupos sirve como resumen de los datos originales, facilitando su dominio y comprensión.

Para caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón Paján de la provincia de Manabí Ecuador; se evaluaron los contenidos de los macro y micronutrientes según se muestra en las **Tablas 1.3 y 1.4**, mostrando los mismos a continuación:

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Contenido de materia orgánica
- Nitrógeno (N)
- Fósforo (P)
- Calcio (Ca)
- Potasio (K)
- Magnesio (Mg)

Para caracterizar físicamente el suelo cafetalero del cantón Paján de la Región Manabita a partir de las características físicas de los suelos según se muestra en la **Tabla. 1.5**.

### **Toma de muestras**

Las muestras se tomaron en cada finca siguiendo la metodología en zig-zag, y para esto se elaborará un croquis con las medidas que cada finquero señale. Se tomarán 10 sub muestras por finca, la unión de todas, permitirá tomar las muestras definitivas, mismas que pesarán unos 1,0 Kilogramos (kg).

Es adecuado revelar que las muestras se fueron tomaron entre 25 a 30 cm de profundidad, considerando que el cultivo de café es perenne.

### **Muestras químicas del suelo**

Se llevaron las muestras de suelo tomadas de las fincas cafetaleras del cantón Paján a un laboratorio certificado el cual permitió contar con resultados confiables; para este caso se envió las muestras al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en la estación experimental tropical Pichilingue en la ciudad de Quevedo, alcanzando todos los protocolos solicitados y recomendados por el laboratorio.

## Preparación para la muestra de textura de los suelos

Para la muestra de suelo se utilizaron herramientas como: cinta de medición de campo, pico, pala, azadón, abre hoyo, rastrillo, barreno, la misma que permitió la realizar una calicata para evidenciar y reconocer el respectivo tipo de suelos, sus contenidos de arena, limo y arcilla al igual que permitió estimar la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y el agua disponible del suelo. El método aplicado para el análisis químico del suelo fue el recomendado por INIAP, según se muestra en la **Tabla 1.3**.

De la misma manera se realizó la estimación de la capacidad de campo (C.C.), el punto de marchitez permanente (P.M.P.) y el agua disponible (A.D.) en el suelo con el uso de fórmulas a partir de los resultados obtenidos del laboratorio de INIAP.

## Resultados experimentales

### Análisis del suelo cafetalero del cantón Paján

Los resultados experimentales obtenidos se presentan mediante los objetivos planteados de tal forma como se describen en esta investigación.

Caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón Paján de la Provincia de Manabí los datos tomados en el campo de estudio inicialmente tabulados en Excel y previamente trasladados al software estadístico SPSS, para ellos se consideraron las siguientes variables químicas.

### Tabla 1.21.

*Descriptivos cuantitativos de las características químicas.*

Variables químicas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
pH	27	5,10	6,70	5,92	0,36799	0,135
NH <sub>4</sub>	27	2,00	36,00	11,04	9,41963	88,729
P	27	9,00	94,00	44,52	20,64232	426,105
K	27	0,18	1,54	0,51	0,33847	0,115
Ca	27	20,00	26,00	24,22	1,64862	2,718
Mg	27	1,40	4,80	3,06	0,79243	0,628
S	27	4,00	18,00	6,33	3,15009	9,923

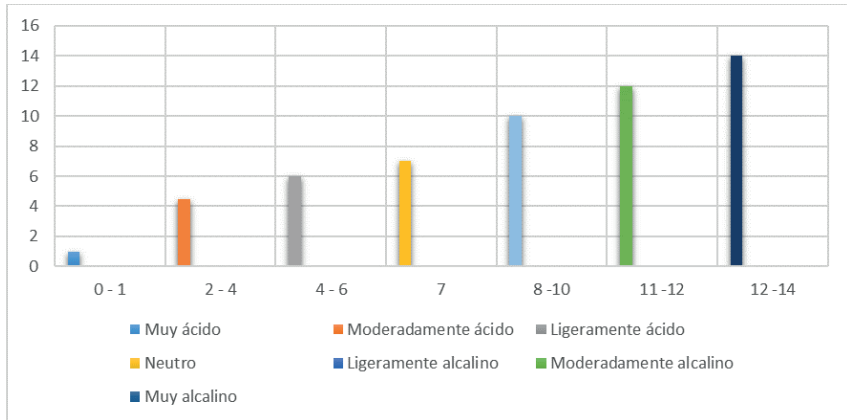
Zn	27	0,60	5,10	2,37	1,12694	1,270
Cu	27	1,90	5,70	3,23	0,98645	0,973
Fe	27	19,00	149,00	73,89	40,82923	1667,026
Mn	27	3,90	16,00	8,06	2,41283	5,822
B	27	0,13	0,45	0,22	0,08178	0,007
M.O. %	27	1,00	3,50	1,97	0,79024	0,624
Ca/Mg	27	5,20	18,50	8,50	2,80007	7,840
Mg/K	27	2,20	14,81	7,87	3,91377	15,318
Ca+Mg/K	27	18,51	134,44	70,39	31,84528	1014,122
Σ BASES- eq/100ml	27	23,06	30,59	27,79	1,94908	3,799

**Elaborado por:** Carla Rodríguez (2021).

El análisis descriptivo establece las medias cuantitativas de cada una de las variables estudiadas en las diferentes fincas del cantón Paján, obteniendo como resultados suelos cafetaleros ligeramente ácidos al contar con un pH de 5,92, de la misma manera es posible evidenciar según los análisis químicos efectuados a las muestras de suelo que estos poseen contenidos altos de Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Boro (B); a diferencia de los elementos como el Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) y Amonio (NH<sub>4</sub>) que expresan que estos suelos poseen contenidos medios, y por último se observan contenidos bajos de Azufre (S), Cobre (Cu) y Materia orgánica (M.O,%).

**Figura 1.33.**

*Niveles de pH.*



La media considerada del potencial de hidrógeno (pH), es de 5,92; por lo que de acuerdo a este dato se puede expresar que los suelos cafetaleros del cantón Paján cuentan con un nivel lo que nos da como resultado un suelo medio ácido tal y como lo expresa el **Figura1.33**

**Tabla 1.22.**

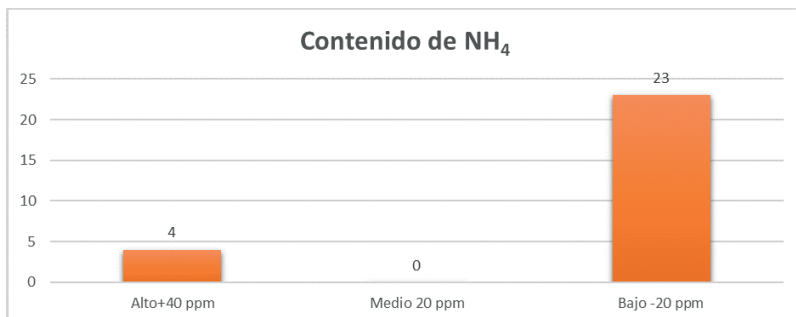
*Macronutrientes.*

Variables	Frecuencia relativa	%
NH <sub>4</sub>	Alto +40 ppm	4
	Medio 20 ppm	0
	Bajo -20 ppm	23
	Total	27
P	Alto +21 ppm	23
	Medio -20 ppm	2
	Bajo -10 ppm	2
	Total	27
K	Alto +0,40 meq/100ml	14
	Medio -0,39 meq/100ml	12
	Bajo -20 ppm	1
	Total	27

Ca	Alto +20 meq/100ml	27	100%
	Medio -0,39 me/100ml	0	
	Bajo -20 ppm	0	
	Total	27	
Mg	Alto +2 meq/100ml	25	100%
	Medio -1,9 meq/100ml	2	
	Bajo -1 ppm	0	
	Total	27	
S	Alto +21 ppm	0	100%
	Medio -20 ppm	2	
	Bajo -9 ppm	25	
	Total	27	

**Figura 1.34.**

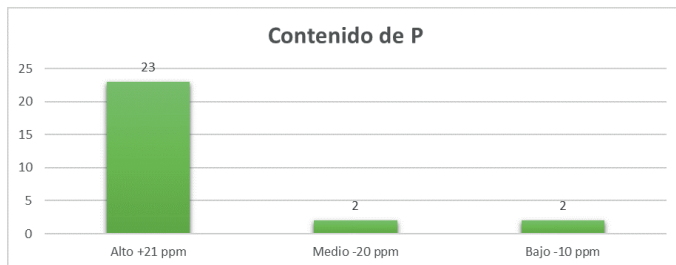
*Contenido de  $NH_4$ .*



**Nitrógeno  $NH_4$ :** El siguiente gráfico nos expresa que en 27 muestras tomadas para el contenido de  $NH_4$  representadas en ppm, 4 tuvieron valores alto, ningún valor medios y 23 muestras reflejaron valores bajos, quiere decir que es notable la deficiencia de  $NH_4$  en el suelo cafetalero del Cantón Paján. Por ende, el promedio del macronutriente  $NH_4$  es expresados en los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 11,04 ppm.

### Figura 1.35.

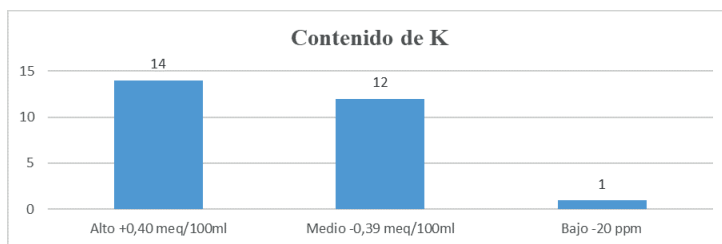
Contenido de P.



**Fósforo:** Como se observa en la **Figura 1.35**, de acuerdo a 27 muestras tomadas, 21 resultaron con valores altos en ppm, 2 valores medios en ppm y 2 con valores bajos en ppm, permitiendo observar un suelo rico en fósforo (P), El promedio de (P) es expresados mediante los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 44,52 ppm.

### Figura 1.36.

Contenido de K.

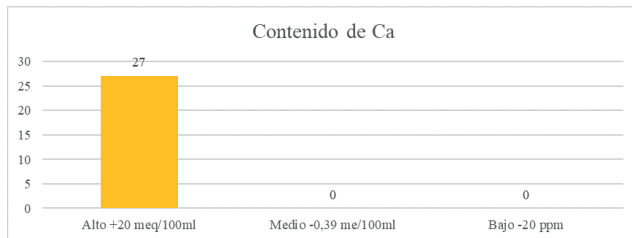


**Potasio:** La **Figura 1.36**. permite identificar en el potasio (K) que, de las 27 muestras obtenidas, 14 nos indican un valor alto (meq/100ml), 12 muestras con un valor medio (meq/100ml) y 1 muestras con un valor bajo en ppm. El promedio de K expresados en los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 0,51 meq/100ml.



**Figura 1.37.**

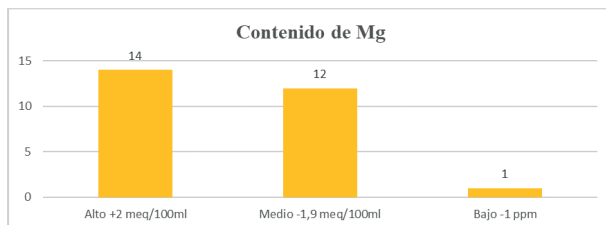
*Contenido de Ca.*



**Calcio:** Para el contenido de Ca se puede observar que, de las 27 muestras tomadas, 27 de ellas tienen un valor alto (meq/100ml), indicando que no existen valores medios y bajos en las muestras de estudio. El promedio de Ca expresados en los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 24,22 meq/100ml.

**Figura 1.38.**

*Contenido de Mg.*



**Magnesio:** en la **Figura 1.38** permite observar que, para el contenido de Mg, 14 muestras expresaron valores altos (+2 meq/100ml), mientras que 12 muestras expresaron valores medios (-1,9 meq/100ml) y 1 muestra con valor bajo en ppm. El promedio de Mn expresados en los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 3,06 meq/100ml.

**Figura 1.39.**

*Contenido de S.*



**Azufre:** como se observa en la **Figura 1.39** de las 27 muestras obtenidas, no existe índice de niveles altos (+21 ppm), 2 muestras se presentan valores medios (-20 ppm) y 25 muestras presentan valores bajos lo que refiere a que los suelos de cantón Paján son bajos en azufre. El promedio de S expresados en los resultados obtenidos en los suelos cafetaleros del cantón Paján es de 6,33 ppm.

**Tabla 1.23.**

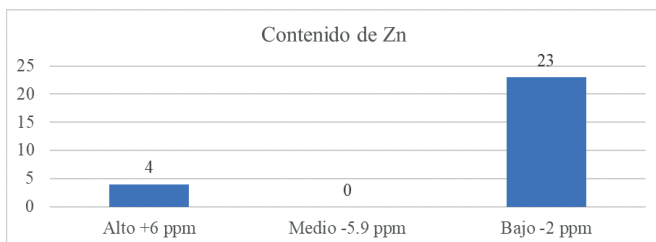
*Micronutrientes.*

Variables	Frecuencia relativa	%
Zn	Alto +6 ppm	0
	Medio -5.9 ppm	17
	Bajo -2 ppm	10
	Total	27
Cu	Alto +4 ppm	7
	Medio -3,9 ppm	19
	Bajo -2 ppm	1
	Total	27
Fe	Alto 40 ppm	20
	Medio -39 ,5 ppm	6
	Bajo -20 ppm	1
	Total	27
Mn	Alto +15 ppm	1
	Medio -14,9 ppm	25
	Bajo -4,90 ppm	1
	Total	27

B	Alto +1 ppm	0	100%
	Medio -0,99 ppm	0	
	Bajo -0,49 ppm	27	
	Total	27	

**Figura 1.40.**

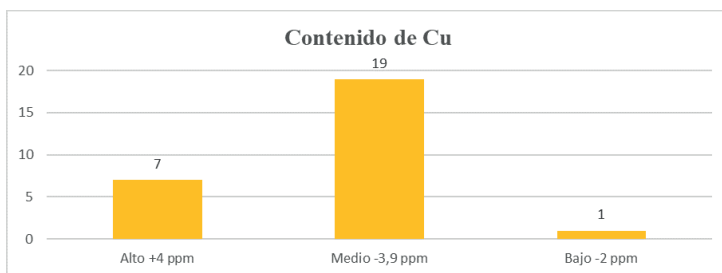
*Contenido de Zn.*



**Zinc:** para el contenido de Zn en los resultados obtenidos nos refleja un valor de 2,37 ppm como promedio, como se observa en la **Figura 1.40** de las 27 muestras obtenidas, existe índice de 4 muestras con niveles altos (+6 ppm), 0 muestras con niveles medios (-5,9 ppm) y 23 muestras con niveles bajos (- 2 ppm).

**Figura 1.41.**

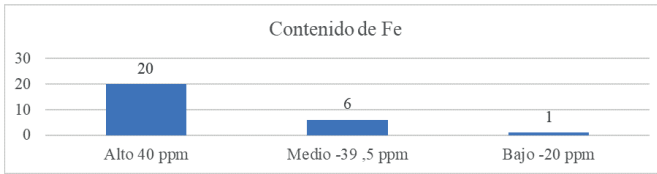
*Contenido de Cobre.*



**Cobre:** el contenido de Cu mediante los resultados obtenidos en los suelos del cantón Paján, expresa un promedio de 3,23 ppm. En la **Figura 1.41** nos indica que 7 muestras obtuvieron un valor alto (+4 ppm), 19 de ellas un valore medio (-3,9 ppm) y 1 muestras con valor bajo (-2 ppm), dando como resultado 27 muestras tomadas.

### Figura 1.42.

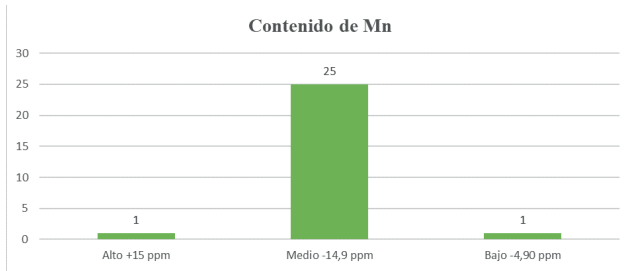
Contenido de Fe.



**Hierro:** el contenido de Fe nos expresa un promedio de 73,89 ppm, haciendo referencia a la **Figura 1.42**, en 27 muestras obtenidas, 20 nos expresaron valores altos (+40 ppm), 6 muestras con valores medios (-39,5 ppm) y 1 muestra con valor bajo (-20 ppm).

### Figura 1.43.

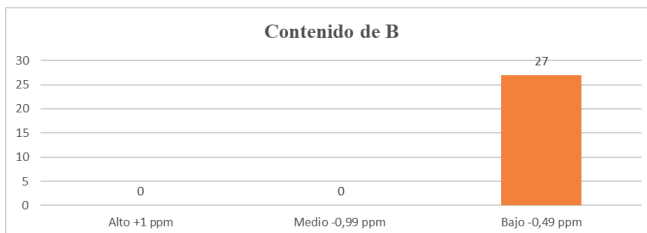
Contenido de Mn.



**Manganeso:** en los suelos cafetaleros del cantón Paján el Mn expresa un promedio de 8,06 ppm, el cual nos expresa la **Figura 1.43** en el que de las 27 muestras obtenidas 1 es alta (+15 ppm), 25 muestras tomadas son medias (-14,9 ppm) y 1 muestras es baja (-4,90 ppm).

### Figura 1.44.

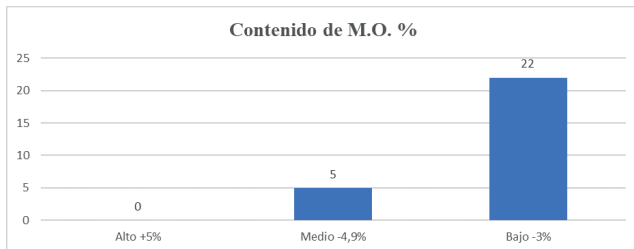
Contenido de B.



**Boro:** la **Figura 1.44** nos dice que para el contenido de B de acuerdo a las 27 muestras tomadas no existen índices de valores alto (+1 ppm) y medio (-0,99 ppm), pero si existen valores bajos (-0,49 ppm) en las 27 muestras obtenidas. El promedio del B es de 0,22.

**Figura 1.45.**

*Contenido de M.O. %.*



**Materia organica:** como se puede observar en la **Figura 1.45** de 27 muestras tomadas para M.O.% no existieron valores altos (+5%) en las muestras de estudio, 5 de ellas expresaron valor medio (-4,9 %) y 22 muestras con valor bajo (-3 %), indicando la deficiencia de materia orgánica en estos suelos.

Para caracterizar físicamente el suelo cafetalero del cantón Paján de la región Manabita, se utilizó el método de estimación de C.C., P.M.P. y A.D. del suelo (Silva, Ponce León, Garcia , & Durán , 1988), según se muestra en la **Tabla 1.8**.

**Tabla 1.24.**

*Descripción cuantitativa de las características físicas del suelo.*

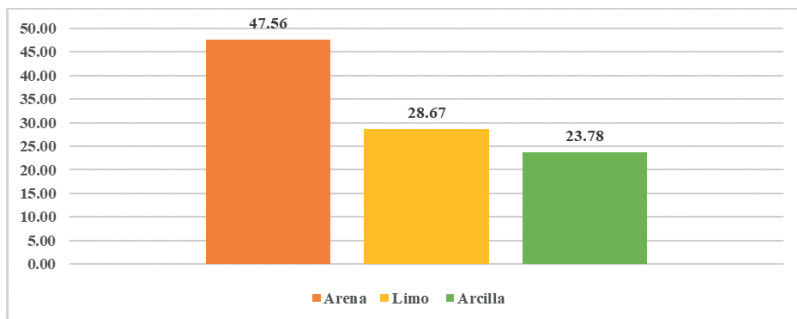
Variables físicas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
C.C.	27	10,58	30,88	21,28	5,34260	28,543
P.M.P.	27	2,83	17,85	10,74	3,95286	15,625
A.D.S.	27	7,75	13,03	10,53	1,38932	1,930
Arena	27	20,00	78,00	47,56	16,23229	263,487
Limo	27	14,00	50,00	28,67	8,32050	69,231
Arcilla	27	4,00	44,00	23,78	11,96576	143,179

**Elaborado por** Carla Rodríguez.

En la **Tabla 1.24** , se describen las propiedades físicas del suelo evaluadas, de la que considerando sus valores promedios se puede indicar que por los contenidos de arena, limo y arcilla los suelos cafetaleros del cantón Paján son suelos Francos que poseen características como alta impermeabilidad, retienen fácilmente el agua y contienen más nutrientes que por ejemplo los suelos arenosos; siendo esto corroborado por los resultados obtenidos de los análisis químicos del suelo y por los valores promedios de Capacidad de campo (C.C.), Punto de marchitez permanente (P.M.P.) y el Agua disponible en el suelo (A.D.S.).

### Figura 1.46.

*Contenidos de arena, limo y arcilla de los suelos cafetaleros del cantón Paján.*



Como podemos observar la **Figura 1.46**, poseemos las características principales para definir la textura del suelo, como son los porcentajes de arena, limo y arcillas, el cual se detalló en el análisis de la **Tabla 1.24** estos permitieron dictaminar que la textura del suelo que poseen las fincas cafetaleras del cantón Paján es de suelos Franco.

### Análisis multivariante

**Clúster jerárquico.** Se aplicó clúster jerárquico con el fin de agrupar los minerales definiéndose en tres grupos (**Figura 1.47**):

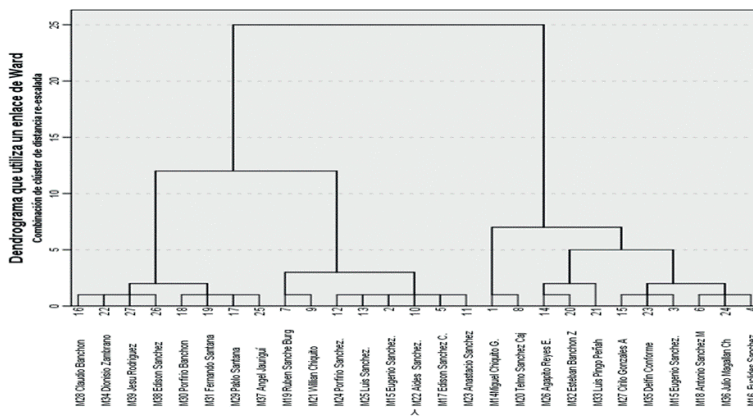
**Clúster 1.** Representado en un grupo total de 11 casos en las muestras de suelo se caracterizan por estar representados de los siguientes minerales; Nitrógeno (N) representado en cantidades bajas (-20 ppm), Fósforo (P) representado cantidades altas (+21 ppm), Calcio (Ca) con cantidades altas (+20 meq/100ml), Hierro (Fe) con cantidades altas (+40 ppm), Boro (B) cantidades bajas (-4,90 ppm); y la textura con 4 tipos de suelos: 4 franco arenoso, 2 arenoso franco, 3 franco y 1 arenoso franco.

**Clúster 2.** Representado en un grupo total de 8 casos los minerales Magnesio (Mg) con cantidades altas (+2 meq/100ml), Manganeso (Mn) con cantidades medias (-0,99 ppm) y dentro de ello se consideró también los contenidos de Materia orgánica dados en porcentajes (%M.O.) en cantidades (-3%), suelos con las siguientes texturas 6 franco arenosos, 1 franco-arcilloso-limoso, 1 franco.

**Clúster 3.** Representado en un grupo total de 8 casos encontramos al pH, y los minerales Potasio (K) representados en valores altos (+0,40 meq/100ml), Zinc (Zn) representado con valores medios (-5.9 ppm), de igual manera el Cobre (Cu) representado por valores medios (-3,9 ppm), texturas con 3 suelos franco arcilloso, 2 franco, 2 arcilloso el cual la distribución de las partículas refiere un suelo con una textura totalmente franco.

**Figura 1.47.**

*Demograma clúster jerárquico.*



### Validación de clúster

Para la validación del clúster se aplicó un análisis de varianza representado en la **Tabla 1.25**, en el cual se presentan diferencias estadísticas altamente significativas con un punto de valor < 0,01 entre fincas cafetaleras; el cual se justifica según lo actuado en esta investigación.

**Tabla 1.25.**

*Análisis de varianza de clúster.*

ANOVA					
	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Zn	2	6,177	3,089	2,761	0,083ns
Cu	2	9,359	4,680	7,046	0,004**
Fe	2	34697,064	17348,532	48,159	0,000**
Mn	2	24,281	12,141	2,293	0,123ns
B	2	0,020	0,010	1,557	0,231ns
%M.O.	2	2,772	1,386	2,471	0,106ns
Ca/Mg	2	27,853	13,926	1,899	0,172ns
Mg/K	2	158,613	79,306	7,942	0,002**
Ca+Mg/K	2	8765,405	4382,702	5,976	0,008**
Σ BASES- meq/100ml	2	50,769	25,385	12,692	0,000**
C.C.	2	369,514	184,757	11,900	0,000**
P.M.P.	2	202,180	101,090	11,889	0,000**
A.D.S.	2	24,969	12,485	11,882	0,000**
Arena	2	3301,485	1650,742	11,163	0,000**
Limo	2	198,455	99,227	1,487	0,246ns
Arcilla	2	2193,758	1096,879	17,218	0,000**

**Elaborado por** Carla Rodríguez

Es oportuno mencionar que al fin de establecer diferencias significativas entre las variables de estudio se realizó un análisis de varianza, dentro de los minerales de las propiedades químicas como son: Cu y Fe presentando diferencias estadísticas, sumándose a esto Mg/K, Ca+Mg/K y ΣBASES, mientras que en las propiedades físicas del suelo como: C.C., P.M.P., A.D.S., al igual que en los contenidos de arena y arcilla se presentaron diferencias altamente



significativas, lo que no se reflejó en el contenido de limo que no presento diferencia estadística.

El pH del suelo cafetalero no aparece junto con el resto de los minerales como son fósforo, potasio, calcio, magnesio al no ser significativos; por ende, no se ven representados en el ANOVA.

### Análisis de componentes principales

**Tabla 1.26.**

*Análisis de componentes principales.*

Variables	Componente	
	1	2
pH	0,662	0,566
NH <sub>4</sub>	-0,128	0,146
P	-0,446	0,740
K	0,287	0,685
Ca	0,639	-0,002
Mg	0,655	-0,336
S	0,323	-0,266
Zn	0,174	0,739
Cu	0,264	0,602
Fe	-0,823	0,367
Mn	0,156	-0,650
Mg/K	-0,016	-0,926
Ca+Mg/K	-0,266	-0,883
Σ BASES- meq/100ml	0,857	-0,021
C.C.	0,948	-0,120
P.M.P.	0,948	-0,120
A.D.S.	0,948	-0,119
Arena	-0,963	-0,072
Limo	0,616	0,393

Para clasificar los componentes se llevó a cabo un análisis.

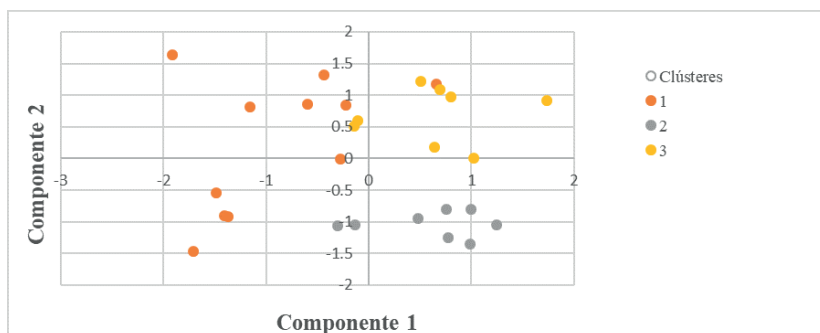
**Componente 1:** encontramos las propiedades químicas del suelo: pH, macronutrientes secundarios (Ca) calcio, (Mg) magnesio, (S) azufre y micronutrientes como el Fe, y a su vez las propiedades físicas como: C.C., P.M.P., A.D.S., contenidos de arena y limo.

**Componente 2:** se destacan los macronutrientes primarios P, K, micronutrientes como el Zn, Cu, Mn.

**Gráfico de dispersión.** De la misma manera se efectuó un gráfico de dispersión en la que nos muestra la correlación los componentes principales con los clústeres identificados.

### Figura 1.48.

*Gráfico de dispersión.*



trientes dentro de un suelo con textura buena, y resaltando que los clústeres 1 y 3 son los que caracterizan los suelos cafetaleros en estudio.

### **Discusión**

Los suelos se clasifican como moderadamente ácidos al presentar un pH promedio de 5.08 ( $\pm 0.38$ ). El pH es probablemente la característica química más importante del suelo porque influye en casi todos los demás aspectos del mismo (Bloom, 2000) y (Benzing, 2001). El valor de la saturación de acidez como medida del porcentaje del complejo de intercambio catiónico que está ocupado por aluminio e hidrógeno, es el mejor criterio para diagnosticar problemas de acidez (Molina, 2002). Aunque cada cultivo tiene su grado de tolerancia a la acidez, en términos generales se puede indicar que casi ningún cultivo soporta más de 60% de saturación de acidez y el valor deseable para la mayoría de las plantas oscila entre 10 y 25%.

Las características químicas de acuerdo a los resultados obtenidos, nos refleja un valor promedio de pH 5,92 es decir un grado ligeramente de ácido, Es común que cuando el pH es mayor de 5.5 se elimina el problema de toxicidad de Aluminio, porque éste se precipita como hidróxidos insolubles (Agro, 2012).

Por su parte (Barrios, 2012) en su estudio realizado nos manifiesta que los valores de pH ubicaron a estos suelos en condiciones de ligera a moderada acidez pH (5,0 - 6,5), lo que concuerda con nuestro estudio. Rucks, I. A. (2004). Considera que un suelo cafetalero ideal debe contener alrededor del 5% de MO, suelos con menos del 7% de M.O. una fertilización completa, mientras que para valores superiores al 10% de M.O. sugería no fertilizar, el Fe se encontró en cantidades muy altas, en cuanto al Mn, indica que el café es muy susceptible a su deficiencia al igual que al Zn.

De la misma forma se evidencio el contenido macros y micronutrientes de los que se destacan: fósforo (P) 44,52; potasio (K) 0,51; calcio (Ca) 24,22; magnesio (Mg) 3,06; hierro (Fe) 73,89; boro (B) 0,22. Valencia (1998), indica que el boro como calcio está relacionado con la absorción de macro y micronutrientes (P, Mg y Ca), el crecimiento radicular (asociado con calcio), crecimiento, número de ramas laterales, número y diferenciación de botones florales, germinación de polen y crecimiento tubular de polinizadores y crecimiento de frutos. Así mismo se debe de considerar que el exceso de manganeso en suelos con un contenido medio de ( $\pm 34.11$ ) ppm, muy por encima del nivel crítico de 1 ppm, puede ser relacionado con la baja capacidad fisiológica de las plantas para absorberlo y almacenarlo (Rodríguez, 2018).

Según (AGRICULTURERS, 2014) estima que un porcentaje indicado para actividades agrícolas estaría comprendido en un 1,5 y 2,0 %; de acuerdo a los datos que se obtuvieron del análisis de suelo este posee 1,73 % de materia orgánica es decir considerando lo que establece AGRICULTURERS se estaría dentro de los parámetros óptimos de materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica en el suelo también facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas. Por ejemplo, se sabe que la capacidad del suelo para adsorber compuestos químicos como clorofenoles o cloroanilinas aumenta con el contenido en materia orgánica Valencia, G. (2017). La aplicación de enmiendas orgánicas también aumenta la degradación de fumigantes como el 1,3-D (González, 2015), bromuro de metilo y el isotiocianato metilo (González, 2015), y disminuye la volatilización de estos tres pesticidas, cuando la enmienda se aplica en los primeros 5 cm del suelo (González, 2015). Los pesticidas con materiales catiónicos son firmemente adsorbidos por los coloides del suelo; en cambio, con los pesticidas ácidos hay muy poca adsorción, por lo tanto, se concentran en la solución suelo y en las fases gaseosas (Cárdenas, 2021)

En relación a las características físicas del suelo estas nos expresan valores promedios, capacidad de campo permanente (C.C.) 21,28 %, punto de marchitez permanente (P.M.P.) 10,74 %, agua disponible en el suelo (A.D.S.) 10,53 %, arena 47,56 %, limo 28,67 % y arcilla 23,78 %. Estos resultados coinciden con lo mencionado por (Cárdenas, 2021) quienes indicaron que la textura en la que mejor se desarrolla el café es del tamaño medio del tipo franco considerada como media.

## Conclusiones

En la caracterización química el suelo cafetalero del cantón Paján se estima una agrupación en el cual nos brinda soluciones para el suelo cafetalero, con un pH medio ácido, rico en macronutrientes como (K) potasio, (P) fósforo, (N) nitrógeno, por otro lado nos refleja una deficiencia de, (Ca) calcio, y en micronutrientes (Zn) zinc y (Cu) cobre, (Fe) hierro, (B) boro, por ende las 27 fincas cafetaleras las cuales fueron investigadas y estudiadas estuvieron una satisfacción buena en los resultados obtenidos ya que esto les permitió implementar los nutrientes necesarios para el suelo cafetalero de la zona del cantón Paján.

La caracterización física del suelo cafetalero del cantón Paján de la Región Manabita posee una relación a las propiedades físicas del suelo, ya que se pudo obtener mediante los estudios realizados una buena textura definida

en un suelo franco que es adecuado para una plantación de café, y a su vez posee una alta permeabilidad, y una considerable velocidad de infiltración y una buena capacidad de retención de agua en el suelo siendo estos factores favorables para el cultivo de café y para el manejo de alternativas de riego tecnificado.

## **1.4. Caracterización físico químicas de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana de la provincia de Manabí Ecuador**

### **Resumen**

Mediante la investigación, se caracterizaron física y químicamente los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana provincia de Manabí, se tomaron muestras de 17 fincas y se siguió la metodología en zig-zag. Las muestras se tomaron entre 25 a 30 cm de fondo, considerando la profundidad de las raíces y se llevaron a un laboratorio certificado. Se aplicó estadística descriptiva, caracterizando las propiedades físicas y químicas del suelo. El contenido de los macro nutrientes presentan los siguientes valores; poseen bajos niveles de  $Nh_4$ , con un contenido de (P) y (K) medio, alto contenido de (Ca), presentan niveles de (Mg) altos, y bajo niveles de (S). Con respecto a los micronutrientes, el contenido de (Zn) y (Cu) es bajo, presentan cantidades medias en (Fe), el contenido de (Mn) es medio, presentan bajos niveles de (B); presentan un pH medio, mientras que el contenido de (M.O. %) es bajo. Para caracterizar los suelos del cantón Santa Ana, se efectuaron los análisis multivariantes clúster jerárquico y Componentes Principales. El análisis definió dos componentes (60% de la varianza). El primer componente se correlaciona con los clústeres 1 y 2, y se caracteriza por el alto contenido de macronutrientes como calcio, magnesio, así como de mejores características físicas de los suelos, destacando la capacidad de campo “C.C.” punto de marchites permanente “P.M.P.” agua disponible del suelo “A.D.S.”, sus suelos son Franco arcillosos y representan el 59 % de la muestra; el segundo componente está correlacionado con el clúster 3, que se caracteriza por el contenido medio de P, Zn y de suelos franco arenosos.

### **Introducción**

El cultivo del café presenta una gran relevancia y amplia diversidad, debido a que en los últimos años se han venido realizados proyectos de reactivación para la mejora de la producción y comercialización, las plantaciones de café conforman sistemas agroforestales en la mayor parte del territorio Ecuatoriano, dicho esto contribuyen significativamente a la conservación de recursos y en especial al cuidado del suelo.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café “CENICAFÉ” (2016) indica que para que los cultivos sean más productivos es necesario identificar las propiedades del suelo que delimitan el desarrollo de las plantas, con el fin de tomar las medidas correctivas en cada caso. Estos problemas pueden ser de naturaleza física, química, biológica, y en ocasiones se relacionan entre sí, de

allí la dificultad que se presenta para realizar un diagnóstico acertado si no se dispone de las herramientas necesarias, en especial el análisis de laboratorio (CENICAFÉ, 2016)

Como consecuencia de lo planteado anteriormente nos da una breve pauta que el cultivo de café en el cantón Santa Ana está siendo afectado en su capacidad productiva por los problemas anteriores, por el déficit de los nutrientes ya sean estos macronutrientes o micronutrientes por lo que es necesario realizar la investigación enfocándonos en esta problemática a fin de encontrar soluciones y hacer que las plantas tengan un adecuado manejo nutritivo.

La textura es una propiedad relacionada con la erosión es así que, si se tiene suelos de textura arenosa, por ende esta absorberá toda el agua que recibe y por lo consiguiente en ausencia de escorrentía no existirá erosión, pero, por otro lado, al poseer baja proporción de arcilla existe poca unión de las partículas y al aumentar la intensidad de las lluvias la escorrentía arrastrará el suelo. Un suelo arcilloso, por el volumen fino y pequeño grado de porosidad, no permiten que las aguas se infiltren, aumentando la escorrentía superficial, sin embargo, tiene una mayor retención de agua y cohesión, que disminuye el arrastre de suelo. (Sevillano, 2012)

Se menciona a las texturas de los suelos ya que mediante los procesos de precipitaciones y erosiones se pierden gran cantidad de materia orgánica y sus elementos esenciales presentes en los suelos, que de una u otra forma estos son necesario para las plantas.

Es necesario indicar que los suelos tienen un valor de gran importancia puesto que gracias ello se pueden realizar la siembra de diversas plantas para la producción agrícola, de esta manera los suelos albergan un sinnúmero de organismos y microorganismos presentes en la descomposición de restos vegetales como también animales , esto va a beneficiar a los suelos que se encuentran en procesos de meteorización los cuales con el transcurrir de los años van a poseer grandes cantidades de minerales y en especial el nitrógeno fosforo y potasio que son requerido como elementos fundamentales para las plantas.

El suelo está relacionado con la cantidad disponible de nutrimentos para las plantas. Los elementos nutritivos que el cafeto requiere en mayor cantidad los macronutrientes que son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, el cafeto necesita en menor cantidad: Calcio – Magnesio, Azufre – Hierro, Zinc – Manganeso, Boro – Cobre. La carencia de alguno de estos nutrimentos afecta el normal

crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café. (F.Vanegas, 2017).

Debido a la falta de interés por parte de los productores el sector cafetalero últimamente ha tenido diversas problemáticas, especialmente en la producción. Cabe recalcar que esto se debe al mal manejo que se le da al cultivo de café, por esta razón es necesario empaparse de conocimientos en especial tener en cuenta el tipo de suelo en el cual vamos a realizar la respectiva siembra, esta labor puede ejecutarse mediante un plan ajustado a los resultados de los análisis de suelos o a través de un plan de abonamiento general, aspecto que incluye los otros componentes que interactúan en el aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo, como son el tipo de suelo, así como la disponibilidad de agua en el suelo, los macronutrientes y micronutrientes, materia orgánica presente en el suelo, pH , entre otros.

Se muestra que la investigación es de suma importancia ya que con un análisis de suelo se obtiene resultados específicos que se tomaran en cuenta al momento de realizar la plantación o fertilizar el suelo, para obtener mejora de la producción y así evitar problemas de enfermedades o déficit de nutrientes en las plantas.

El cantón Santa Ana de la provincia de Manabí se basa en la producción agrícola la cual se establece con los principales cultivos como: el limón, naranja, cacao, café, siendo de gran importancia para la economía de las personas que se dedican a estas labores.

En la actualidad existen pocas fincas cafetaleras presente en el cantón Santa Ana, debido al desinterés por parte de productores este cultivo se ve afectado por un sinnúmero de enfermedades la más común el ojo de gallo y la broca pero en si también hay cultivos que por sus características físicas presentan deficiencia de nitrógeno y otros micronutrientes , es por esta razón que se debe tomar en cuenta la importancia de realizar el respectivo análisis de suelo para así realizar un plan de fertilización según los resultados que arrojen los análisis, contando con esto la producción va a mejorar , por eso es necesario realizar análisis de los suelos para de esta forma saber cuáles son las principales características ya sea esta físicas o químicas y en base de los resultados los productores puedan suministrar de una forma eficiente los nutrientes necesario y de esta misma manera saber cuál es el tipo o textura del suelo óptimo para realizar la siembra.



## Metodología utilizada

El trabajo de investigación se realizó en las zonas cafetaleras del cantón Santa Ana que está ubicado geográficamente en el centro este de la provincia de Manabí, a 1° 12' de latitud Sur y 80° 22" de longitud Oeste. Su altitud es de 50 m.s.n.m. y su zona alta más elevada alcanza una altura de 400 m.s.n.m., según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Fabian, 2014)

Siendo sus límites.

- **Al norte:** con el cantón Portoviejo
- **Al sur:** cantones 24 de Mayo y Olmedo
- **Al este:** el cantón Pichincha y Balzar
- **Al oeste:** cantones Jipijapa, 24 de Mayo y Portoviejo

El factor de estudio fueron las características físicas y químicas de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana.

## Diseño experimental

Se aplicó estadística descriptiva, caracterizando las propiedades físicas y químicas de las 17 muestras tomadas, en el mismo número de fincas cafetaleras. Además, se efectuaron los análisis multivariantes Clúster jerárquico (ANOVA a los clúster) y componentes principales.

## Delineamiento experimental

Se seleccionaron 17 fincas cafetaleras para tomar las 10 sub muestras de cada una de ellas y proceder a realizar la caracterización de los suelos.

## Análisis de varianza

El análisis de la varianza comprende un conjunto de técnicas estadísticas que permiten analizar cómo operan diversos factores, estudiados simultáneamente en un diseño factorial, sobre una variable respuesta. Se plantea el diseño completamente aleatorio.

## Modelo matemático

- $Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

- $\tau_i$  = efecto del tratamiento.

- $u$  = media general
- $E_{ij}$  = error experimental

### **Análisis de componentes principales (cuantitativos)**

Es un método estadístico que permite simplificar la complejidad de espacios muestrales con muchas dimensiones a la vez que conserva su información.

### **Análisis de conglomerados (clúster)**

El Análisis de Conglomerados, conocido como clúster, es una técnica estadística multivariante que busca aglomerar elementos (o variables) con el fin de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Es un método estadístico multivariante de clasificación automática de datos. A partir de una tabla de casos-variables, trata de situar los casos (individuos) en grupos homogéneos, conglomerados o clúster, no conocidos de antemano, pero sugeridos por la propia esencia de los datos, de manera que individuos que puedan ser considerados similares sean asignados a un mismo clúster, mientras que individuos diferentes (disimilares) se localicen en clúster distintos (Fernández, 2011).

Vilà, *et al* (2014) nos muestra que el clúster es una técnica de clasificación que se aplica para poder detectar y describir subgrupos de sujetos o variables homogéneas en función de los valores observados dentro de un conjunto supuestamente heterogéneo. Se basa en el estudio de las distancias entre ellos, permitiendo en el análisis, cuantificar el grado de similitud, en el caso de las proximidades, y el grado de diferencia, en el caso de las distancias. Como resultado aparecen agrupaciones o clúster homogéneos. La aplicación del análisis de conglomerados suele iniciarse estimando las similitudes entre los individuos mediante la correlación de las distintas variables (cualitativas o cuantitativas) (R. Vilà, 2014).

### **Dendograma**

Batista, *et al* (2018) plantea que el clúster jerárquico suele representarse a través de un dendograma, que muestra en qué orden se han unido los clúster y cuál es el grado de proximidad que tienen los clúster que se unen.

- Los nodos hojas del dendograma se corresponden con los elementos individuales.
- En el nodo raíz se representa el clúster al que pertenecen todos los elementos.

- El resto de nodos se corresponde con los clúster que se van formando (Batista, 2018).

Para caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón Santa Ana de la Provincia de Manabí Ecuador, se tuvo en cuenta las características químicas de los suelos según las variables y niveles establecidos según se muestra en las **Tablas 1.2.**

Se tomaron muestras de suelos para obtener como resultados las características físicas como es el caso de las texturas entre ellas se mencionan:

### **Franco arcilloso**

Se llaman franco-arcilloso si el porcentaje de arcilla se incrementa ,30% el limo al 40% y la arena también al 40%.

### **Franco arenoso**

Se dice que los suelos francos arenosos contienen 60% de arena, 30% de limo y el 10%de arcilla.

### **Franco arcillo limoso**

Si el suelo contiene el 60% de arena, 30% de limo y 10%de arcilla se denominan textura franca arenosa, si el porcentaje de arcilla se incrementa a un 30%, el limo al 40%, y la arena al 40%, la textura vendrá a ser franco arcilloso.

### **Franco**

Pertenece a uno de los mejores suelos para la productividad agrícola ya que consta con la proporción de arena, limo y arcilla adecuada para los cultivos.

Si el suelo contiene 45% de arena, 40%de limo, y 15%de arcilla se denominan franco aunque los valores pueden variar.

### **Arcilloso**

Si el suelo supera el 45% de arcilla se denominan suelos arcillosos de arcilla fina.

### **Arcilloso limoso**

Se denominan suelos pesados ya que poseen 5% de arena, 50% de limo y 45% de arcilla.

## Capacidad de campo

Se mide:

A través del método columna de suelo

Peso de suelo húmedo (Psh) por el peso del suelo seco (Pss)

$$CC = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

## Punto de marchites permanente

Se dice que el punto de marchites permanente puede ser estimado a partir de la capacidad de campo.

### Por ejemplo

Datos

fórmula

Peso del recipiente = 40.7 gr.

$Pw = PHS - PSS / PSS \times 100$

P.S.H=119.3 gr.

P.S.S=111 gr.

### Desarrollo

Restar el peso del bote a las 2 muestras

$119.3 - 40.7 = 78.6$  gr (P.S.H)       $111 - 40.7 = 70.3$  (P.S.S)

Sustituyendo en la fórmula

$Pw = 78.6 - 70.3 / 70.3 \times 100 = 11.8\%$

## Agua disponible en el suelo

El valor del agua disponible se expresa en términos de láminas o en términos relativos de (%) con el agua útil

Ejemplo:

Donde se dice si el agua útil actúa al metro de profundidad es de 65 mm y el AUT de ese suelo es de 170 mm, el AU (%) será  $(65/170) \times 100 = 38,2\%$ .

Para determinar las características físicas del suelo cafetalero del cantón Santa Ana provincia Manabí se tuvo en cuenta las características físicas de los suelos según se muestra en la **Tabla 1.8**.

De la misma manera se realizó la estimación de la capacidad de campo (C.C.), el punto de marchitez permanente (P.M.P.) y el agua disponible (A.D.) en el suelo con el uso de fórmulas a partir de los resultados obtenidos del laboratorio de INIAP.

### **Desarrollo del experimento**

Las muestras se tomaron en cada finca siguiendo la metodología en zigzag, y para esto se elaborará un croquis con las medidas que cada finquero señalo, se tomaron 10 sub muestras en cada una de las 17 fincas en total de muestras 170, la unión de cada una de las muestras por finca, permitirá tomar las muestras definitivas, mismas que pesarán en un 1 kilo.

Es oportuno indicar que las muestras se tomaran entre 25 a 30 cm de profundidad, considerando que el cultivo de café es perenne.

Se llevaron las muestras de suelo tomadas de las fincas del cantón Santa Ana a un laboratorio certificado, (INIAP) siguiendo todos los protocolos recomendados por el laboratorio y utilizando el método para el análisis químico del suelo según se muestra en la **Tabla 1.3** y el método para determinar las características físicas que se utilizó fue el de estimación de C.C., P.M.P. y A.D. del suelo (Silva, Ponce León, Garcia , & Durán , 1988), según se muestra en la **Tabla 1.8**.

### **Resultados experimentales**

Para la presentación de los resultados, se procederá a realizar una descripción estadística general en función al contenido nutricional de los suelos cafetaleros estudiados.

En este sentido a continuación se presentan los resultados por objetivos:

Caracterizar químicamente el suelo cafetalero del cantón Santa Ana de la Provincia de Manabí Ecuador, hace una referencia de los contenidos nutricionales de los suelos.

A continuación, en la tabla1, se presentan los descriptivos de los contenidos de **macronutrientes** de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana.

**Tabla 1.27.**

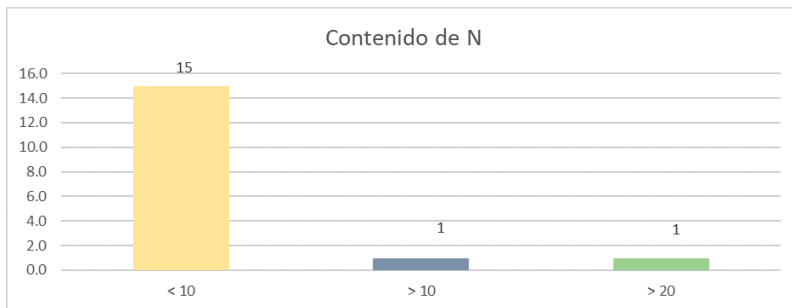
*Descriptivos macro nutrientes.*

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Media	7,2941	10,0000	0,3465	21,5882	3,7647	8,4118
Mediana	6,0000	8,0000	0,2800	21,0000	3,7000	7,0000
Desv. Desviación	6,23262	8,50000	0,17453	2,45099	0,64318	2,47636
Varianza	38,846	72,250	0,030	6,007	0,414	6,132
Mínimo	2,00	2,00	0,21	17,00	2,50	5,00
Máximo	27,00	37,00	0,82	25,00	5,20	13,00

**Nitrógeno (N).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 7, 2941 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido (ppm < 20) lo establece como bajo, por tanto, los suelos son pobres en nitrógeno.

**Figura 1.49.**

*Contenido de (N).*

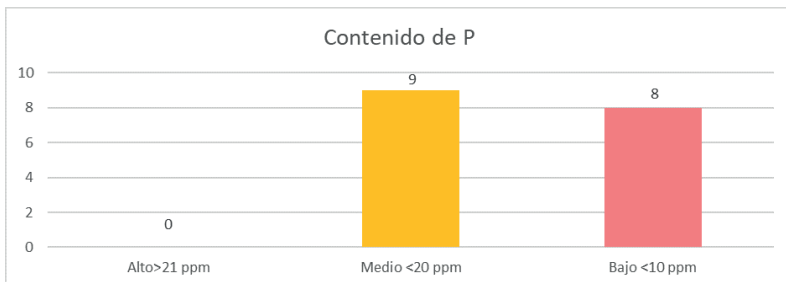


Como se observa en la **Figura 1.49**, de las 17 muestras tomadas, 15 muestras resultaron con contenidos menores a 10 ppm, 1 muestra mayor a 10 ppm, y una sola muestra resultado con contenido mayor a 20 ppm.

**Fosforo (P).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 10,0000 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido son altos a partir de (ppm>21) medios a partir de (ppm<20) y bajos (ppm <10) lo cual lo establece como medio, por tanto, los suelos son medio en fosforo.

**Figura 1.50.**

*Contenido de (P).*

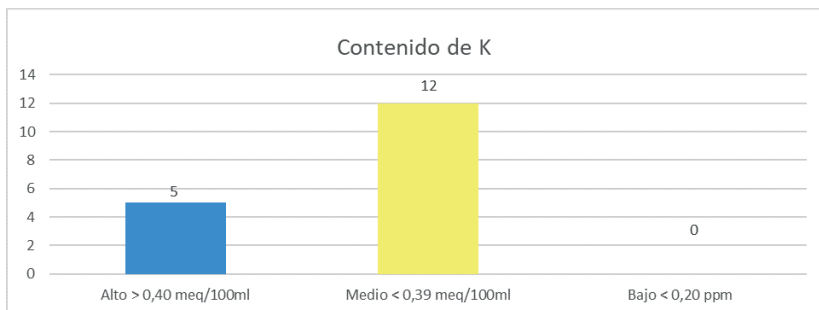


Como se observa en la **Figura 1.50**, de las 17 muestras tomadas, 9 resultaron con contenidos menores de 20 ppm, 8 muestra menor a 10 ppm, no se encontró muestras mayores a (21ppm)

**Potasio (K).** Los resultados obtenidos mediante la toma de muestras de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana dan como resultado la media de 0,3465 meq/100ml, que de acuerdo a lo niveles establecidos se consideran alto (> 0,40meq/100ml), medio (< 0,39meq/100ml), bajo (<0,20ppm), por tanto el contenido de potasio en el suelo es medio.

**Figura 1.51.**

*Contenido de (k).*

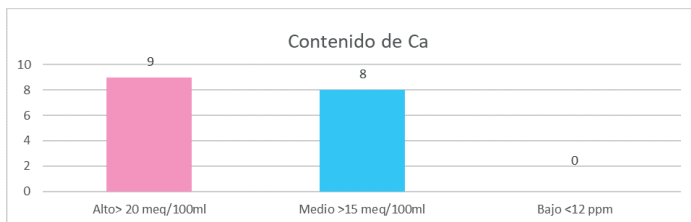


Como se observa en la **Figura 1.51** de las 17 muestras obtenidas 12 resultaron ser medio en fósforo con un contenido de (meq/100ml<0,39), mientras que 5 muestras presentaron un valor alto en fósforo con un (meq/100ml>0,40), no se presentó muestras menores (<0,20 ppm).

**Calcio (Ca).** Mediante los resultados obtenidos a través de muestras de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana dan como resultado la media de 21,5882 meq/100ml, que de acuerdo a los niveles establecidos se consideran alto ( $> 20$  meq/100ml), medio ( $> 15$  meq/100ml), bajo ( $< 12$  ppm), por tanto el contenido de calcio en el suelo es alto.

**Figura 1.52.**

*Contenido de (Ca).*

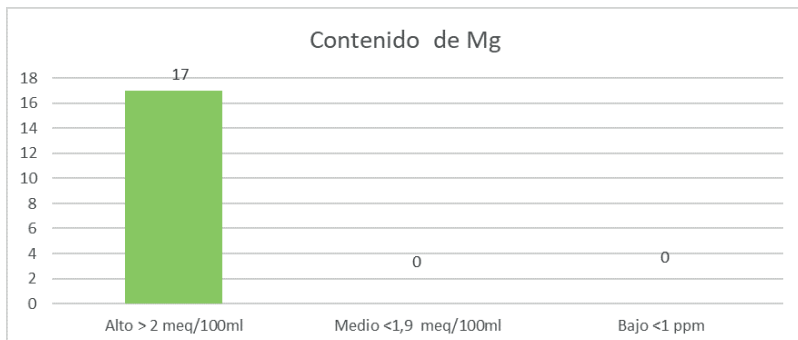


Como se puede observar en la **Figura 1.52**, de las 17 muestras 9 de ellas alcanzan un (meq/100ml  $>$  de 20) es decir alto en calcio, mientras que 8 de las muestras dieron como resultado (meq/100ml  $>$  15) lo que significa que son en calcio y no se encontraron índices bajos  $< 12$  ppm.

**Magnesio (Mg).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 3,7647 meq/100ml en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos en magnesio ( $> 2$  meq/100ml), medios ( $< 1,9$  meq/100ml), bajos ( $< 1$  ppm), por lo tanto el contenido de magnesio es alto.

**Figura 1.53.**

*Contenido de (Mg).*



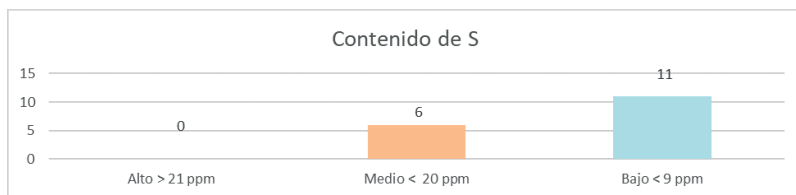


En la **Figura 1.53** se puede observar que de las 17 muestras tomadas dieron como resultado alto contenido de magnesio, ya que las 17 presentan valores ( $> 2$  meq/100ml), mientras que no presentan contenidos medios ni bajos de magnesio.

**Azufre (S).** Previo a los resultados obtenidos, los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 8,4118 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos en azufre ( $> 21$  ppm), medios ( $< 20$  ppm), bajos ( $< 9$  ppm), por lo tanto el contenido de azufre es bajo.

**Figura 1.54.**

*Contenido de (S).*



Mediante la **Figura 1.54** se puede observar que de las 17 muestras tomadas 11 de ellas poseen bajo contenido de azufre lo cual poseen ( $< 9$  ppm), mientras que 6 muestras están representando un índice medio de azufre ( $< 20$  ppm), no se presentó valores altos ( $> 21$  ppm).

En lo relacionado a los micronutrientes, la **Tabla 1.28** presenta los contenidos nutricionales de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana.

**Tabla 1.28.**

*Descriptivos de micronutrientes.*

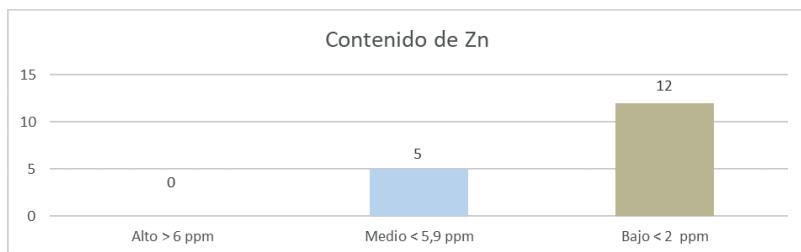
	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ BASES- meq/100ml
Media	2,200	2,076	30,117	11,405	0,198	5,894	12,902	84,5065	25,6994
Mediana	1,900	2,0000	25,0000	10,6000	0,1850	5,4000	13,3300	93,0800	25,5300
Desv.	0,993	0,509	11,815	2,8979	0,052	1,503	4,9644	25,7283	2,36207
Desviación									
Varianza	0,988	0,259	139,610	8,398	0,003	2,259	24,646	661,949	5,579
Mínimo	1,30	1,30	16,00	7,70	0,13	3,80	3,05	33,54	20,44

Máximo 5,00 3,10 59,00 17,30 0,31 10,00 20,80 124,29 29,23

**Cinc (Zn).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 2,200 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (> 6 ppm) medios (< 5,9 ppm) y bajos (< 2 ppm) por lo tanto los suelos son bajos en cinc.

**Figura 1.55.**

*Contenido de (Zn).*

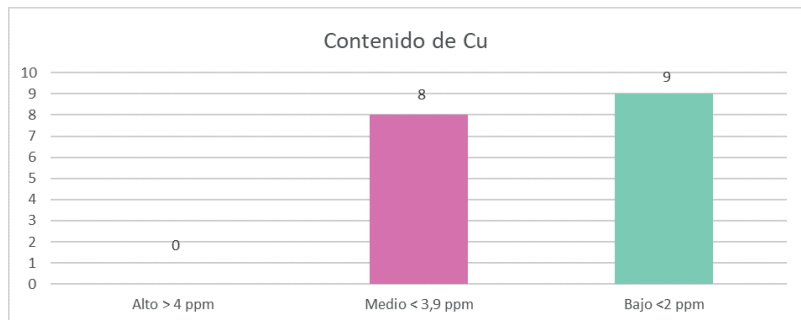


Mediante la **Figura 1.55** se puede observar que de las 17 muestras tomadas 12 dieron como resultado bajo contenido de Zn que es representado (<2 ppm), los resultados de 5 muestra (< 5,9 ppm) con contenido medio, no se presentó resultados altos (> 6 ppm).

**Cobre (Cu).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 2,076 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos en cobre (> 4 ppm), medios (< 3,9 ppm), bajos (<2 ppm), por lo tanto el contenido de cobre es bajo.

**Figura 1.56.**

*Contenido de (Cu).*

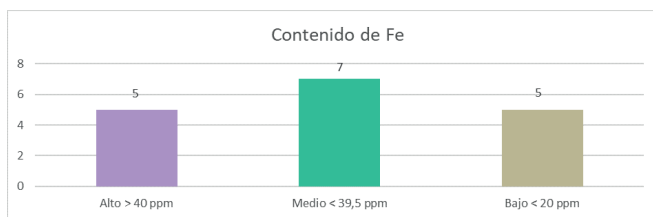


Como se observa en la **Figura 1.56**, de las 17 muestras tomadas, 9 muestras resultaron con contenidos menores (<2 ppm), 8 muestra (<3,9 ppm) denominadas medias según el contenido, no se presentó índices altos (> 4 ppm).

**Hierro (Fe).** Los resultados adquiridos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 30,117 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido altos (>40ppm), medios (<39,5 ppm), bajos (< 20 ppm), por tanto, los suelos son medios en hierro.

**Figura 1.57.**

*Contenido de (Fe).*

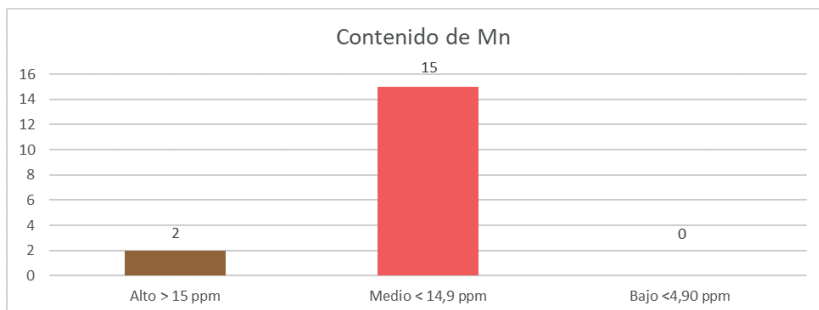


Como se observa en la **Figura 1.57**, de las 17 muestras tomadas 7 de ellas dieron como resultado medio es decir (<39,5ppm), mientras que 5 muestras presentaron un alto contenido de hierro (>40 ppm), y 5 muestras presentaron contenido bajos (<20ppm).

**Manganeso (Mn).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 11,405 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>15ppm), medios (<14,9 ppm), bajos (< 4,90 ppm), por tanto, los suelos son medios en manganeso.

**Figura 1.58.**

*Contenido de (Mn).*

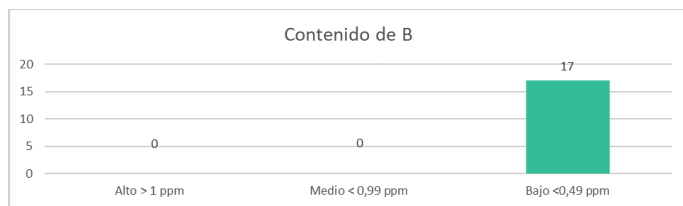


Como se observa en la **Figura 1.58**, de las 17 muestras tomadas 15 de ellas dieron como resultado medio ya que presentaron (<14,9ppm), mientras que 2 muestras dieron un valor alto (>15ppm), no se presentó contenido bajo (<4,90ppm).

**Boro (B).** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 0,198 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>1ppm), medios (<0,99 ppm), bajos (< 0,49ppm), por tanto, los suelos son bajos en boro.

**Figura 1.59.**

*Contenido de (B).*



Como se aprecia en la **Figura 1.59**, las 17 muestras dieron como resultado bajo ya que presentaron (<0,49 ppm), mientras que no se presentaron muestras altas (>1 ppm) ni media (<0,99 ppm).

**Relación Ca/Mg.** Los resultados obtenidos, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 5,894 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan con deficiencia de (Mg) (González, 2015)

**Tabla 1.29.**

*Relación (Ca/Mg).*

Relación Ca/Mg	Valoración
<1	Deficiencia de calcio
Entre 1 y 2	Bajo nivel del (Ca) respecto al (Mg)
Entre 2 y 5	Ideal
>5	Deficiencia de magnesio

**Relación Mg/K.** Los resultados alcanzados, establecen que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 12,902 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan como aceptables (González, 2015)

**Tabla 1.30.**

*Relación (Mg/K).*

Relación Mg/K	Valoración
<1	Deficiencia de magnesio
Entre 1 y 3	Aceptable
3	Ideal
Entre 3 y 18	Aceptable
>18	Deficiencia de potasio

**Relación (Ca + Mg)/K.** Los resultados que se obtuvieron, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 84,5065 en promedio, que de acuerdo al nivel establecidos estos suelos se denominan con deficiencia de potasio (González, 2015)

**Tabla 1.31.**

*Relación (Ca+Mg)/K.*

Relación (Ca + Mg)/K	Valoración
<40	Adecuado para el potasio
>40	Deficiencia de potasio

Como parte del estudio químico del suelo, se incluyó el análisis de pH y M.O., mismos que son considerados fundamentales en la toma de decisiones agras productivas.

**Tabla 1.32.**

*Descriptivos de pH y materia orgánica del suelo.*

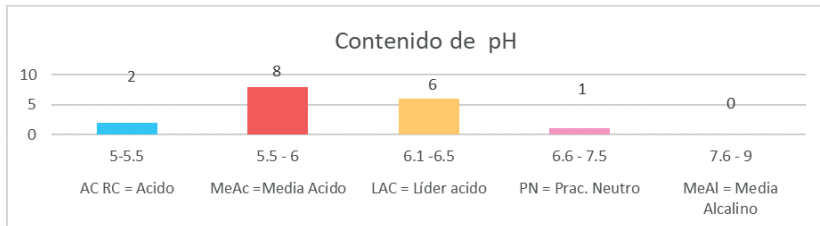
	pH	M.O. %
Media	5,9235	1,8882
Mediana	5,9000	1,8000
Desv. Desviación	0,41462	0,63628
Varianza	0,172	0,405
Mínimo	5,20	1,10
Máximo	7,00	3,60

**Potencial de hidrogeno (pH).** Los resultados, determinan que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan un pH 5,9235 ppm en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan ácidos (5-5.5), medio ácidos (5.5-

6), líder ácidos (6.1-6.5), parcial neutro (6.6-7.5), medio alcalino(7.6-9) por lo tanto, los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana son medio alcalinos.

**Figura 1.60.**

*Contenido de (pH).*

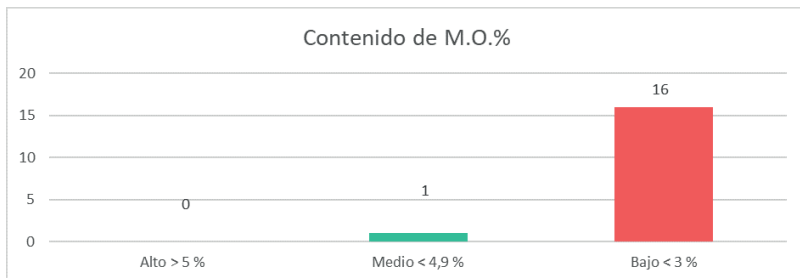


Como se puede observar en la **Figura 1.60**, de las 17 muestras realizadas, obtuvimos 8 muestras con un contenido de pH medio ácido (5.5-6), 6 muestras con un pH líder ácido (6.1-6.5), 2 muestras con un pH ácido (5-5.5), 1 muestra con un pH parcialmente neutro (6.6-7.5), no se presentaron muestras con pH medio alcalino (7.6-9).

**Materia orgánica.** Los resultados obtenidos, establecen que los suelos del cantón Santa Ana, alcanzan 1,8882 % en promedio, que de acuerdo al nivel establecido se denominan altos (>5 %), medios (<4,9 %), bajos (< 3% ppm), por tanto, los suelos son bajos en materia orgánica.

**Figura 1.61.**

*Contenido de materia orgánica.*



Como se puede apreciar en la **Figura 1.61**, de las 17 muestras 16 resultaron tener un porcentaje (%) bajo de materia orgánica (<3%), una muestra

resultado media en materia orgánica ya que presento (<4,9%) y no hubo contenidos altos de materia orgánica (>5%).

**Determinar las características físicas del suelo cafetalero del cantón Santa Ana provincia Manabí.**

**Tabla 1.33.**

*Descriptivos características físicas, (texturas).*

Variables	C.C.	P.M.P.	A.D.S.	Arena	Limo	Arcilla
Media	20,9	10,5	10,4	47,9	29,3	22,8
Mediana	19,7	9,57	10,1	50	28	24
Desv. Desviación	3,93	2,91	1,02	11,3	4,63	7,52
Varianza	15,4	8,45	1,04	129	21,5	56,5
Mínimo	14,6	5,81	8,8	30	22	10
Máximo	27,2	15,1	12,1	66	38	36

En lo que respecta a la Capacidad de Campo (C.C.), esta alcanza un 20,9; El Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.) alcanza el 10,5, es oportuno indicar que para la obtención de estos valores, se aplicó las fórmulas planteadas por Silva *et al.*, (1988), para la CC se aplicó: (%C.C.) = 21,977 - 0,186 (%Arena) + 2,601(%Materia Orgánica) + 0,127(%Arcilla); y para la obtención del P.M.P., se siguió el siguiente esquema (%P.M.P.) = -5 + 0,74 (%C.C.).

El agua disponible en el suelo fue de 10,4; para la obtención de este dato, se siguió la recomendación de García *et al.*, (2020), quien aplicó la siguiente formula: (A.D.S.) = C.C..-P.M.P.

**Tabla 1.34.**

*Parámetros descriptivos de textura.*

Nombres vulgares de los suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso

Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	jul-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

En lo relacionado al contenido de arena, fue 47,9, limo de 29,3; y arcilla con un valor de 22,8 lo que significa que los suelos del cantón Santa Ana en su mayoría presentan suelos franco-arenosos, si en el suelo contiene el 60% de arena, 30% de limo y 10% de arcilla se denominan textura franca arenosa, si el porcentaje de arcilla se incrementa a un 30%, el limo al 40%, y la arena al 40%, la textura vendrá a ser franco arcilloso.

Los suelos por la descripción planteada son franco – arenosos y en menor medida franco arcillosos.

### **Análisis multivalentes**

Se realizó un análisis multivariante, con el fin de definir el tipo de suelo que existe en la zona cafetalera del cantón Santa Ana. Y para aquello, se aplicó el análisis Clúster y el Análisis de Componentes principales.

A continuación. Se presentan los resultados del análisis Clúster.

**Clúster jerárquico.** Con la finalidad de agrupar las muestras de suelos que poseen características particulares se aplicó clúster jerárquico, definiéndose en 3 grupos.

**Clúster 1.** Los suelos del cantón Santa Ana presentan bajos niveles en (N) ya que presentan cantidades (<20 ppm), el contenido de (K) es alto ya que esta representados por valores (> 0,40 meq/100ml), el contenido de (Ca) es alto ya que poseen valores altos (>20 meq/100ml), el contenido de (Mg) es alto representados con valores (> 2 meq/100ml), el contenido de (Zn) es medio porque posee valores (<5,9 ppm), el contenido de (Cu) se establece como medio por presentar valores (< 3,9 ppm), el contenido de (B) lo establece como bajo por presentar valores (<0,49 ppm).

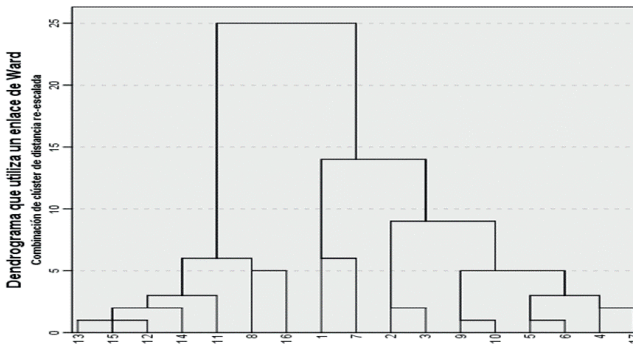


**Clúster 2.** Nos indica que los suelos del cantón Santa Ana son bajo en (N) con valores ( $< 20$  ppm), el contenido de Mg es alto con valores ( $> 2$  meq/100m), el contenido de (B) es bajo presentando valores ( $< -0,49$  ppm), el contenido de materia orgánica (M.O. %) está representado por valores bajo ( $< 3$  %), mientras que en la clase de textura sobresalen los suelos francos arcillosos, C.C. consta con una media de (20,9), P.M.P. está representado por una media de (10,5), A.D.S. presentan una media de (10,4).

**Clúster 3.** Nos muestra que los suelos del cantón Santa Ana presenta un alto contenido de (Mg) ( $> 2$  meq/100ml), el contenido de (Cu) es bajo por lo que presentan valores ( $< 2$  ppm), el contenido de (Mn) en los suelos es medio y está representado por valores ( $< 14,9$  ppm), el contenido de (B) es bajo porque presentan valores ( $< 0,49$  ppm), el contenido de materia orgánica (M.O. %) Bajo ( $< 3$  %), mientras que en la clase de textura sobresalen los suelos franco arenosos.

### Figura 1.62.

*Dendograma del clúster jerárquico.*



### Análisis de varianza de clúster.

El Análisis clúster, conocido como Análisis de Conglomerados, es una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos.

Es un método estadístico multivariante de clasificación automática de datos. A partir de una tabla de casos-variables, trata de situar los casos (individuos) en grupos homogéneos, conglomerados o clúster, no conocidos de antemano pero sugeridos por la propia esencia de los datos, de manera

que individuos que puedan ser considerados similares sean asignados a un mismo clúster, mientras que individuos diferentes (disimilares) se localicen en clúster distintos. (Fernandez, 2011)

Con el fin de validar los clústeres, se aplicó el respectivo análisis de varianza uní factorial, donde se establece que, si existen diferencias estadísticas entre clústeres, en la tabla 4 se aprecia la diferencia estadística entre variables de las diferentes muestras realizadas.

Tabla 1.35.

Análisis de varianza clústeres.

<b>Variables</b>	<b>gl</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
pH	2	0,911	0,455	3,464	0,060ns
N	2	88,029	44,015	1,155	0,343ns
P	2	680,625	340,313	10,022	0,002**
K	2	0,231	0,116	6,307	0,011*
Ca	2	48,189	24,095	7,038	0,008**
Mg	2	2,020	1,010	3,074	0,078ns
S	2	5,761	2,880	0,437	0,655ns
Zn	2	7,383	3,691	6,140	0,012*
Cu	2	2,567	1,284	11,347	0,001**
Fe	2	510,390	255,195	2,073	0,163ns
Mn	2	37,596	18,798	2,720	0,101ns
B	2	0,000	0,000	0,020	0,980ns
M.O. %	2	4,282	2,141	13,649	0,001**
Ca/Mg	2	21,376	10,688	10,129	0,002**
Mg/K	2	154,266	77,133	4,498	0,031*
Ca+Mg/K	2	3976,111	1988,055	4,207	0,037*
ξ BASES- meq/100ml	2	34,689	17,344	4,449	0,032*
C.C.	2	160,607	80,304	13,026	0,001**
P.M.P.	2	87,931	43,965	13,010	0,001**
A.D.S.	2	10,882	5,441	13,087	0,001**

Arena	2	1262,265	631,132	11,079	0,001**
Limo	2	200,315	100,158	9,791	0,002**
Arcilla	2	468,756	234,378	7,531	0,006**

**NS** Presentan bajos niveles de macro y micronutrientes.

\*Presentan contenido medio en macro y micro nutrientes y la relación entre ambos.

\*\* Presentan altos contenidos de macro y micro nutriente (Cu), M.O.%, y texturas.

Los resultados obtenidos pautaron la aplicación del Análisis de componentes principales, puesto que se consideró aquellas variables que expresaban variabilidad.

### Análisis de componentes principales

Se realizó un análisis factorial una técnica estadística para reducción de datos para explicar la correlación entre las variables, se aplicó solo en las que se encontró diferencia estadística.

El análisis definió dos componentes (60% de la varianza). En el primer componente engloba la caracterización química y física de los suelos, en el segundo está orientado las características químicas.

En la siguiente tabla se observa porque variables está formado cada componente.

**Tabla 1.36.**

*Análisis de componentes principales.*

Variables	Componente	
	1	2
pH	0,352	-0,138
P	0,324	-0,733
Ca	0,609	-0,426
Mg	-0,667	0,247
Zn	0,335	-0,565
Cu	0,702	0,101
M.O. %	0,730	-0,269
Ca/Mg	0,777	-0,446

Mg/K	-0,544	0,691
Ca+Mg/K	-0,301	0,717
ξ BASES- meq/100ml	0,479	-0,431
C.C.	0,925	0,325
P.M.P.	0,925	0,325
A.D.S.	0,925	0,325
Arena	-0,794	-0,584
Limo	0,674	0,595
Arcilla	0,783	0,514

**Componente 1.** Según la matriz de componentes principales se observa que las Variables físicas y químicas presentan el valor absoluto de los coeficientes distinguiendo los que tienen un valor grande y un valor pequeño. En nuestro caso en el primer componente observemos que las variables que les representan son: Ca, Mg, Cu, M.O. %, Ca/Mg, C.C., P.M.P.,A.D.S.

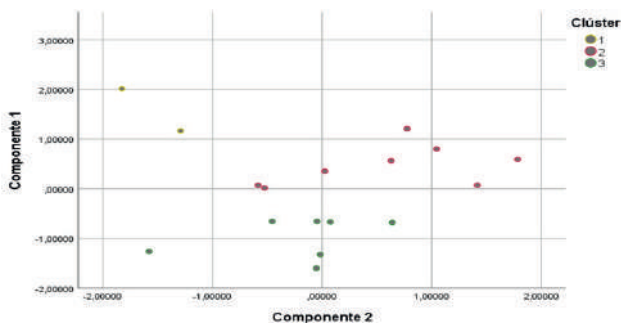
**Componente 2.** Como se observa, está caracterizado por las siguientes variables: P, Zn, Mg/K, Ca+Mg/K. con contenidos medios en P y bajos en Zn y con propiedades físicas menores a las del componente uno.

### Gráfico de descripción

Para poder culminar con los análisis factoriales, se representa con un gráfico de dispersión (**Figura 1.29**), donde se ordenaron los componentes principales con los clústeres ya identificados.

### Figura 1.63.

*Gráfico de dispersión.*



Como podemos observar el componente 1, representado por los clústeres 1 y 2, y presentan la mayor cantidad de variables físicas y químicas. Nos indica que los suelos del cantón Santa Ana son bajo en (Nh<sub>4</sub>) con valores (<20 ppm), el contenido de Mg y Ca es alto con valores, el contenido de (B) es bajo presentando valores (< -0,49 ppm), mientras que en la clase de textura sobresalen los suelos francos arcillosos, y cuentan con propiedades físicas aceptables a nivel de P.M.P., C.C., A.D.S., si se considera que las muestras fueron tomadas en verano.

El componente 2, representado por el clúster 3, se caracterizan por presentar suelos con menores propiedades tanto a nivel químico como físico, se caracterizan por contener cantidad medias de P y Zn, y son suelos franco arenosos.

### **Discusión**

Mediante la investigación se realizó un análisis de estadística descriptiva en función al contenido nutricional de los suelos cafetaleros estudiados, donde nos dice que el contenido de los macro nutrientes presentan los siguientes valores; poseen bajos niveles de (N) (7.2941ppm), con un contenido de (P) medio (10,000ppm), presenta un contenido de (K) medio (0,3465meq/100ml), el contenido de (Ca) es alto (21,5882meq/100ml), presentan niveles de (Mg) altos (3,7647 meq/100ml), y bajo niveles de (S)(8,4118ppm).

Mientras que los micronutrientes analizados fueron el contenido de (Zn) son bajos (2,200 ppm), el contenido de (Cu) es bajo (2,076ppm), presentan cantidades medias en (Fe) (30,117ppm), el contenido de (Mn) es medio(11,-405ppm), presentan bajos niveles de (B)(0,198ppm), en cuanto a relación Ca/Mg presenta deficiencia de mg (5,894), en relación mg/k son aceptables los suelos (12,902), en relación (Ca+Mg / k) presentan deficiencia de potasio (84,5065), en lo descriptivo presentan un pH medio (5,9235)mientras que el contenido de (M.O.%) es bajo (1,8882). Las características físicas del suelo cafetalero del Cantón Santa Ana provincia Manabí presentan suelos con texturas franco-arenosos, ya que estos contienen el 60% de arena, 30% de limo y 10%de arcilla.

Los estudios realizados en México presentan los valores medios y extremos de las propiedades estudiadas. Al examinar los coeficientes de variación (C.V.) se observó una elevada variabilidad en todas las propiedades de los suelos con casos extremos como acidez intercambiable, (%) de saturación de Al, Na y Zn con valores de 215, 251, 170 y 120% respectivamente. El pH y las fracciones granulométricas de arena, limo y arcilla son las características más

homogéneas dentro de la microcuenca con un coeficiente de variación de 7.5, 26, 21 y 27% respectivamente (Báez, 2016).

Mientras que (Torrente 2008) nos dice los suelos colombianos de la zona cafetera del municipio de Isnos en condiciones generales pertenecen a los órdenes taxonómicos Entisoles e Inceptisoles, presentando altos contenidos de materia orgánica, pH ácido, texturas franco arcillosa a franco arcillo arenosa, deficiencias de fósforo y concentraciones medias a altas de los demás elementos químicos evaluados. Las mayores concentraciones de aluminio en el suelo correlacionan geográficamente con bajos valores de pH, calcio y magnesio. Los suelos de la zona cafetera del municipio de Isnos no superan el 60% en saturación de aluminio, umbral máximo permitido para los cultivos en general (Torrente, 2008).

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en su programa de extensión y tecnificación. Establecieron los valores promedio de textura, materia orgánica, Ca, Mg, K, P, pH y al disponible, además de clasificar los suelos teniendo en cuenta su capacidad para suministrar estos nutrientes de acuerdo a los niveles críticos establecidos para el cultivo de café por Cenicafé. Los análisis de los resultados de suelo mostraron la configuración textural Franco Arcillosa como predominante, en la mayoría de suelos se observó baja disponibilidad de bases de cambio (K+Ca+Mg), alta acidez, pH ácido (inferiores a 5,0), además de aluminio disponible mayor de 1,1 meq/100 g (Estevez, 2020).

El suelo idóneo debe contener minerales en un 45% -arena, limo y arcilla-, materia orgánica en un 5% -humus o restos orgánicos o vegetales-, un 25% de agua y otro 25% de aire. Además, ha de tener una estructura quebradiza, ser rico en materia orgánica, estar suelto, con buena aireación y debe drenar lo suficiente. Otras condiciones que debe cumplir son: tener un pH entre 5,5 y 7 y proporcionar los nutrientes necesarios -nitrógeno, fósforo, potasio, manganeso, hierro, etc.- para el crecimiento de las plantas (Eroski, 2005).

Carrillo *et al* (2010) señala que los resultados de los análisis químicos demuestran que, en diferentes áreas de Manabí, a más de expresar un déficit en nitrógeno (N), reflejan también problemas de disponibilidad de elementos menores como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Cu) y boro (b) (Carrillo, 2010).

En Santa Ana existe una diversidad de tipos de suelos, los cuales se han formado a partir de materiales parentales diversos, tales como sedimentos antiguos, los mismos que han dado lugar a suelos caracterizados por ser pro-

fundos, con textura que parte de arcillo limosa a arcillosa, con pH menor a 7 y se encuentran ubicados en relieves fuertemente ondulados con pendientes entre 12 y 70%. Del mismo material parental se forman otros suelos no muy desarrollados, poco profundos, de textura limosa a limo arenosa, con pH menor a 6 y se encuentran en pendientes mayores a 70%. Existen también suelos superficiales, con textura arcillosa, con grietas poco profundas en un tiempo menor de 90 días, con un pH que sigue disminuyendo en profundidad a partir de 7, y se encuentran ubicados en relieves socavados con pendientes que van desde 40 a 70%. En un área más reducida se encuentran suelos que se caracterizan por ser de color rojizo y muy arcilloso, con pH que va desde 5.5 a 6.5 y el porcentaje de saturación de bases mayor a 50%. Estos suelos se encuentran en relieves colmados con pendientes de 40 a 70% (Fabian, 2014).

### **Conclusiones**

Mediante la investigación de los suelos cafetaleros del cantón Santa Ana provincia de Manabí, poseen porcentajes de micronutrientes y macronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, en este caso poseen bajos niveles de  $Nh_4$  (7.2941ppm), con un contenido de (P) medio (10,000ppm), presenta un contenido de (K) medio (0,3465meq/100ml), el contenido de (Ca) es alto (21,5882meq/100ml), presentan niveles de (Mg) altos (3,7647 meq/100ml), y bajo niveles de (S)(8,4118ppm).

El contenido de (Zn) son bajos (2,200 ppm), el contenido de (Cu) es bajo (2,076ppm), presentan cantidades medias en (Fe) (30,117ppm), el contenido de (Mn) es medio(11,405ppm), presentan bajos niveles de (B)(0,198ppm), en cuanto a relación Ca/Mg presenta deficiencia de mg (5,894), en relación Mg/K son aceptables los suelos (12,902), en relación (Ca+Mg)/K presentan deficiencia de potasio (84,5065), en lo descriptivo presentan un ph medio (5,9235)mientras que el contenido de (M.O.%) es bajo (1,8882).

Según los valores descritos en la investigación las características físicas del suelo cafetalero del Cantón Santa Ana provincia Manabí presentan suelos con texturas franco-arenosos, ya que estos contienen el 60% de arena, 30% de limo y 10%de arcilla. Las características físicas de los suelos, a nivel de capacidad de campo "C.C." punto de marchites permanente "P.M.P." agua disponible del suelo "A.D.S.", son aceptables para la producción cafetalera.

## Bibliografía

- Aguilar-Orea, Geovanni Fidel, Ruiz Rosado, Octavio, Ortiz Solorio, Carlos Alberto, & Alcudia, Liliana Armida. (2019). La etnoedafología como instrumento para la caracterización de agroecosistemas a nivel local, el caso de un ejido cafetalero del centro de Veracruz. *Investigaciones geográficas*, (99), e59850. Epub September 25, 2019. <https://doi.org/10.14350/rig.59850>
- Andrade Santacruz, A. (2017). Análisis y perspectivas de las empresas ecuatorianas exportadoras de productos industrializados de café, periodo 2009-2015. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14147>
- Aprile, H. (2017). Suelo cafetalero: la importancia de la salud del suelo. Obtenido de <https://asa.crs.org/2017/01/suelo-cafetalero-la-importancia-de-la-salud-del-suelo/>
- Aprile, H. (2017). Suelo cafetalero: la importancia de la salud del suelo. Obtenido de ASA: <https://asa.crs.org/2017/01/suelo-cafetalero-la-importancia-de-la-salud-del-suelo/>
- Arenas Estevez, M. (2019). Características químicas de suelos cafeteros en Santander. *RED-ACCIÓN DOCENTE*, 13(1), 18-22.
- Baños, R., Rubio-Hurtado, M.-J., Berlanga-Silvente, V., & TorradoFonseca, M. (2014). Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS. *REIRE*, 7(1), 113-127.
- Barrios, José Luis, González-Cervantes, Guillermo, & Chávez-Ramírez, Eduardo. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 21-32. Recuperado en 06 de septiembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222012000100002&lng=es&tln-g=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000100002&lng=es&tln-g=es).
- Batista, Christopher Exposito Izquierdo Airam Exposito Marquez Israel Lopez Plata Belen Melian Benzing, A. (2001). *Materia orgánica-fósforo*. Neekar-Verlag: Agricultura orgánica.
- Burbano-Orjuela, Hernán. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>



- Calero López, A. (2021). Efecto del potasio en la producción y calidad del fruto en el cultivo del café en la región litoral del Ecuador. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Cárdenas, I. (2021). Propiedades físicas y químicas del suelo. Obtenido de Universidad Intercultural Estado del Mexico: <http://ri.utn.edu.mx/bitstream/handle/123456789/48/PROPIEDADES%20FISICAS>
- Carrillo, R., Carvajal, T., Mendoza, A., Mendoza, H., Hinostroza, F., Motato, N., Moreira, P. (2010). Buenas prácticas agrícolas y estimación de costos de producción para cultivos de ciclo cortos en Manabí. INIAP: Portoviejo, Ecuador
- Carvajal, J. F. 1984. Café: cultivo y fertilización. Instituto Interamericano de la Potasa. San José, Costa Rica.
- Catholic Relief Services. (2017). Agua y suelo para la agricultura. Obtenido de Suelo cafetalero: I CENICAFÉ. (04 de 2014). Épocas recomendables para la fertilización de cafetales. Federacion
- Duicela, L. (2016). Investigación y desarrollo cafetalero en el Ecuador: Situación actual y perspectivas. Ecuador: Centro de Investigación de Ecuador (CIDE).
- Eroski. (15 de 6 de 2005). EROSKI CONSUMER. Obtenido de EROSKI CONSUMER: <https://www.consumer.es/bricolaje/las-diferentes-texturas-del-suelo.html>
- Estrada-Herrera, I. Rayo, Hidalgo-Moreno, Claudia, Guzmán-Plazola, Remigio, Almaraz Suárez, J. José, Navarro-Garza, Hermilio, & Etchevers-Barra, Jorge D.. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000800813&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813&lng=es&tlng=es).
- Exposito Izquierdo, C. (2008). Clustering jerárquico. Universidad de La Laguna, Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas.
- FAO. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>

- Fernandez, S. (2011). Análisis de conglomerados. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid. Disponible: [https://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis\\_Cluster.pdf](https://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis_Cluster.pdf).
- Gabriel, J. y otros, 2021. Diseños Experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Segunda ed. Guayaquil (Guayas): Grupo Compás.
- GAD Parroquial Santa Ana. (2014). Caracterización Biofísica del Cantón Santa Ana. En SNI, Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Ana 2014-2017 diagnóstico cantonal. Santa Ana, Ecuador: Sistema Nacional de Información.
- Gotteland, Martín, & de Pablo V, Saturnino. (2007). Algunas verdades sobre el café. Revista chilena de nutrición, 34(2), 105-115. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000200002>
- Gozá-León, Osvaldo, Fernández-Águila, Marí, Rodríguez-Garcel, Rosa Haydee, & Ojito-Magaz, Eduardo. (2020). Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el proceso de purificación de un biofármaco. Vaccimonitor, 29(1), 5-13. Epub 01 de abril de 2020. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-028X2020000100005&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-028X2020000100005&lng=es&tlng=es).
- INIAP. (2015). Informe Anual 2015. Portoviejo, Ecuador: Manejo de Suelos y Agua: INIAP. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5274/1/INIAPEEPIASUELOS Y AGUA 2015.pdf>
- INMECAFÉ-NESTLÉ. 1990. El cultivo del cafeto en México. Instituto Mexicano del Café. Compañía Nestlé. México, D. F.
- Izquierdo Rodas, J. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la parroquia San Joaquín. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>
- León Tutiven, M. (2022). Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (Coffe arabiga L) a diferentes fuentes de fertilización. Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Litardo, E. R. (2016). La agricultura convencional del cultivo de Cacao y su efecto en la erosión del suelo agrícola Versus Bosque Primario en Jauheche - Ecuador. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- López Báez W., Castro Mendoza, I., Salinas Cruz, E., Reynoso Santos, R., & López Martínez J. (2017). Propiedades de los suelos cafetaleros en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 7(3), 607–618. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i3.320>
- López Báez, Walter, Castro Mendoza, Itzel, Salinas Cruz, Eileen, Reynoso Santos, Roberto, & López Martínez, Jaime. (2016). Propiedades de los suelos cafetaleros en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 607-618. Recuperado en 06 de septiembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000300607&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300607&lng=es&lng=es).
- Mariño, Y. (2006). Evaluación del punto de Marchitez permanente bajo condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de Gmelina Arborea (Roxb) a sitios potenciales de plantación. Obtenido de pontificia Universidad Javeriana.
- Molina, E. (2022). Análisis de suelos y su interpretación. Costa Rica: Mino-grow Internacional. Disponible: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Montiel, K., & Ibrahim, M. (2016). Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático Karen Montiel Muhammad Ibrahim Sistematización del ciclo de foros virtuales | Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Diponible: <http://repiica.iica.int/docs/B3982E/B3982E.PDF>
- Moro González, A. (2015). Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos. Obtenido de AQM laboratorios: <http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/>
- Murillo Montoya, S. A., Mendoza Mora, A., & Fadul Vásquez, C. J. (2020). The importance of organic amendments in soil conservation and agricultural production. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58–68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Navarro García, G., & Navarro García, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Madrid, España: Mundiprensa.

- Noriega Altamirano, G., Cárcamo Rico, B., Gómez Cruz, M. Á., Schwentesius Rindermann, R., Cruz Hernández, S., Leyva Baeza, J., García de la Rosa, E., López Reyes, U. I., & Martínez Hernández, A. (2014). Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1), 163-169.
- PDOT. (2016) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1360000120001\\_PDyOT%20Manabi%20actualizado%2031-10-2016%20%C3%BAltimo\\_29-12-2016\\_09-46-27.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360000120001_PDyOT%20Manabi%20actualizado%2031-10-2016%20%C3%BAltimo_29-12-2016_09-46-27.pdf)
- Pérez, A., Bustamante, C., Rodríguez, P. & Viñals, R., 2005. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la microflora edáfica y algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre cultivado en suelo pardo ócrico sin carbonatos. *Cultivos Tropicales*. Instituto de Ciencias Agrícolas. La Habana, cuba, 26(2), pp. 65-71.
- Plan Operativo Anual (2014). Instituto Ecuatoriano de la propiedad intelectual - lepi 30/04/2014
- Ponce Vaca, Luciano Abelardo, Orellana Suarez, Kléber Dionicio, Acuña Velásquez, Isidro Rolando, Alfonso Alemán, Juan Luis, & Fuentes Figueroa, Tomas. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307-325. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=pt&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=pt&lng=es).
- Ponce, W., & Proaño, P. (2018). El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S231034692018000100116&script=sci\\_arttext&lng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S231034692018000100116&script=sci_arttext&lng=en)
- Pozo Cañas, M. (2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000-2011. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- PROECUADOR. (2017). Nuevo récord en café busca "Taza Dorada 2017". Quito, Ecuador: PROECUADOR. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/nuevo-record-en-cafe-busca-taza-dorada-2017/>
- PROECUADOR.(2013).[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion\\_andrea\\_ordonez\\_pro\\_ecuador.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_andrea_ordonez_pro_ecuador.pdf) -2013-2/. – Ficha comercial. Indicadores macroeconómicos, comercio mundial y bilateral, productos.

- Ramírez, B., Jaramillo, A., & Arcila, J. (2013). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafe*, 395(1), 1-8. Disponible: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0395.pdf>
- Ramírez, J. & Paredes, F. (2004). *Francia en Cuba. Los Cafetales de la Sierra del Rosario*. La Habana: Editorial Unión.
- Ramírez, R. (1997). Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Bogotá: Produmedios calidad editorial y audiovisual agopeuaria. *REIRE*, 1(2)1-15.
- Rodríguez Avilés, A. (2018). Calidad del suelo empleado con fines agrícolas en el valle de Joa, cantón Jipijapa. Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1050>
- Rosas, J., Escamilla, E. & Ruiz, O., 2008. Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra latinoamericana*, 26(4), pp. 375-384.
- Rucks, I. A. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Facultad de Agronomía Universidad de La República, <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Ruth Vilà, María José Rubio, Vanesa Berlanga, Mercedes Torrado. (2014). Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS. *Reire*, <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/65577/1/628893.pdf>, 1-15.
- Sadeghian Khalajabadi, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. *Avances Técnicos CENICAFE*, 1-12.
- Sadeghian, S., 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. *CENICAFE*, pp. 5-22.
- Santistevan Méndez, Mercedes, Julca Otiniano, Alberto, Borjas Ventura, Ricardo, & Tuesta Hidalgo, Oscar. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13(2), 187-192. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162014000200013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000200013&lng=es&tlng=es)
- Santos Saavedra, W., & Castro Romero, D. (2012). Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes ecuatorianos. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bits->

tream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf?sequence=4

- Sevillano, G. (21 de Diciembre de 2012). Amenaza a erosión hídrica. Obtenido de app.sni.gob.ec:[http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/pdot/zona4/nivel\\_del\\_pdot\\_cantonal/manabi/bolivar/iee/memorias\\_tecnicas/mt\\_bolivar\\_amenaza\\_erosion\\_Bolivar.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/pdot/zona4/nivel_del_pdot_cantonal/manabi/bolivar/iee/memorias_tecnicas/mt_bolivar_amenaza_erosion_Bolivar.pdf)
- Torrente T., A., & Ladino P., Álvaro. (2009). Caracterización de propiedades fisicoquímicas de los suelos de la zona Cafetera del municipio de Isnos con el fin de establecer su aptitud de uso y manejo. *Ingeniería Y Región*, 6(1), 77–82. <https://doi.org/10.25054/22161325.814>
- Urriola S., Leanne A. (2020) ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? *Revista Semillas del Este*, 1 (1). pp. 23-26.
- Vaccaro, L. M. (2018). Por Qué es importante conocer las propiedades Físicas del Suelo. Laboratorio Agronómico Gualaguay, <http://www.lag-laboratorio.com.ar/analisis%20fisico%20en%20suelo.pdf>.
- Valencia Aristizabal, G., & Hoyos Salazar, J. (2006). *Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto*. Cali, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia- Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Valencia, G. (2017). Deficiencia de Nutrientes y Minerales. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/717/6/6%20Nutrici%C3%B3n%20mineral%20cafeto.pdf>.
- Valverde, y otros (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), pp. 18-28.
- Vanegas, F. (2019). Producción de café en Manabí. Producción de café en Manabí Ecuador sigue en crecimiento, <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2019/01/14/produccion-de-cafe-en-manabi-ecuador-sigue-en-crecimiento/>.
- Villasantí, C., & Roma, P. (2013). Boletín para extracción de muestras de suelo para análisis de fertilidad. Manejo de Suelo, <http://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>.
- Zambrano, A. (2020). Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabí.

## Anexos capítulo I

### 1.1. Área experimental ubicada en el cantón 24 de mayo de la provincia de Manabí



### 1.2. Recolección de muestras de suelos cafetaleros del cantón 24 de mayo de la provincia de Manabí para análisis físicos de suelo



### 1.3. Ensayo de permeabilidad de suelos cafetaleros del cantón 24 de mayo de la provincia de Manabí



### 1.4. Muestras de suelos recolectadas para ser enviadas a reali- zar análisis químicos de suelo en INIAP



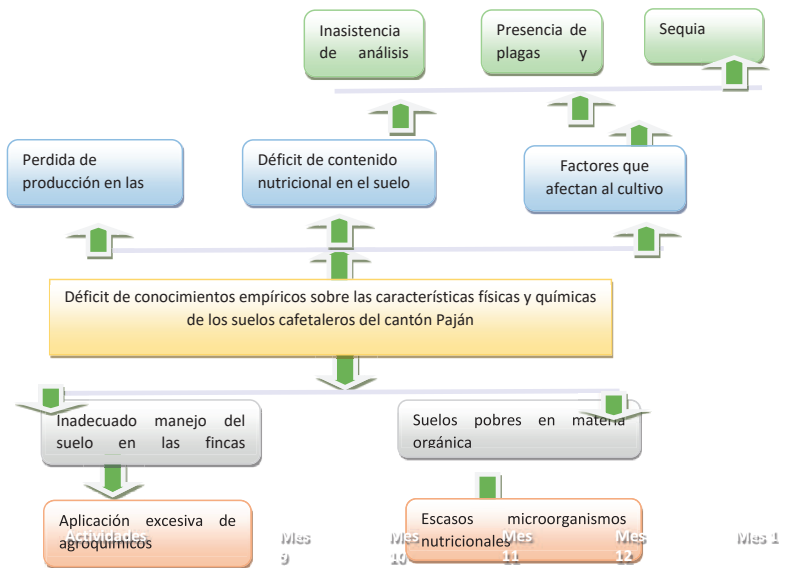


## 1.5. Ubicación geográfica de la zona experimental del cantón 24 de mayo



## 1.6. Factores directos e indirectos que afectan a las características físicas químicas del suelo cafetalero

### Árbol de problemas



### 1.7. Cronograma

Actividades	Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12				Mes 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Semanas																				
Elaboración del anteproyecto	X	x																		
Presentación del anteproyecto			x	X																
Aprobación del anteproyecto				X	x	x	x													
Realización del proyecto							X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
Toma de muestras del suelo							X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
Análisis e interpretación							X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x		
Recolección de datos							X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x		
Conclusión y recomendaciones																			x	x
Elaboración del Informe																				x
Presentación de la tesis																				x

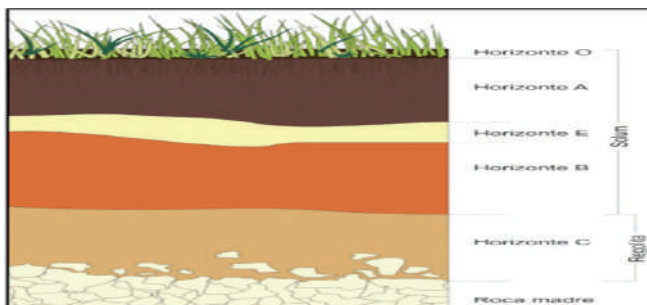
### 1.8. Ubicación georreferenciada del cantón Paján



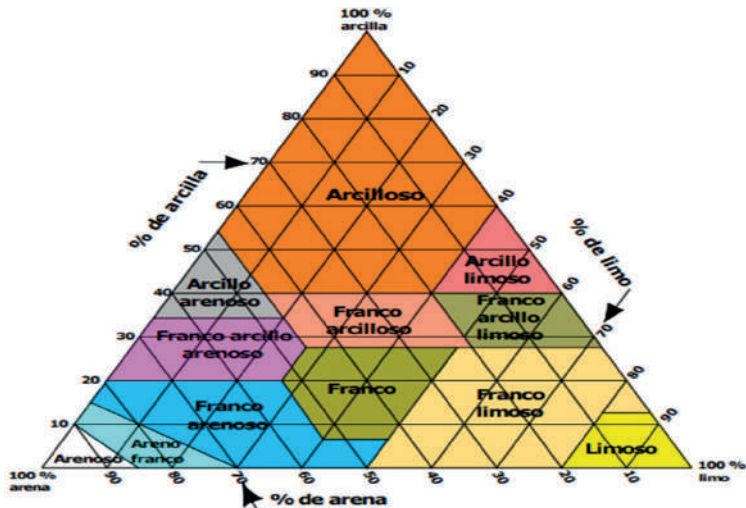
### 1.9. Métodos aplicados para el análisis de suelo INIAP

Parámetro	Unidad	Método	Cuantificación
pH H <sub>2</sub> O		1:2.5 H <sub>2</sub> O	Potenciometría.
Acidez intercambiable	meq/100 ml	Cloruro de potasio 1N	Volumetría.
Ca - Mg - K	meq/100 ml	Olsen modificado	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
Zn - Mn - Fe - Cu	ppm	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV).
P	ppm	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV).
S	ppm	Fosfato mono cálcico 0.008M	Turbidimétrica Ba Cl <sub>2</sub>
B	ppm	CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Espectrofotometría de luz visible (UV).
Materia orgánica	%	Walkley y Black	Volumetría
CIC (Na - K - Ca - Mg)	meq/100 ml	Acetato de amonio pH 7.0 (Para suelos con Ph >5.5)	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
	meq/100 ml	Cloruro de bario (Para suelos con pH < 5.5)	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
Acidez libre Al <sub>3</sub> + + H+	meq/100 ml	Cloruro de potasio 1M	Volumetría
Textura	%	Bouyouocus	Hidrómetro

### 1.10. Horizontes y capas principales del suelo



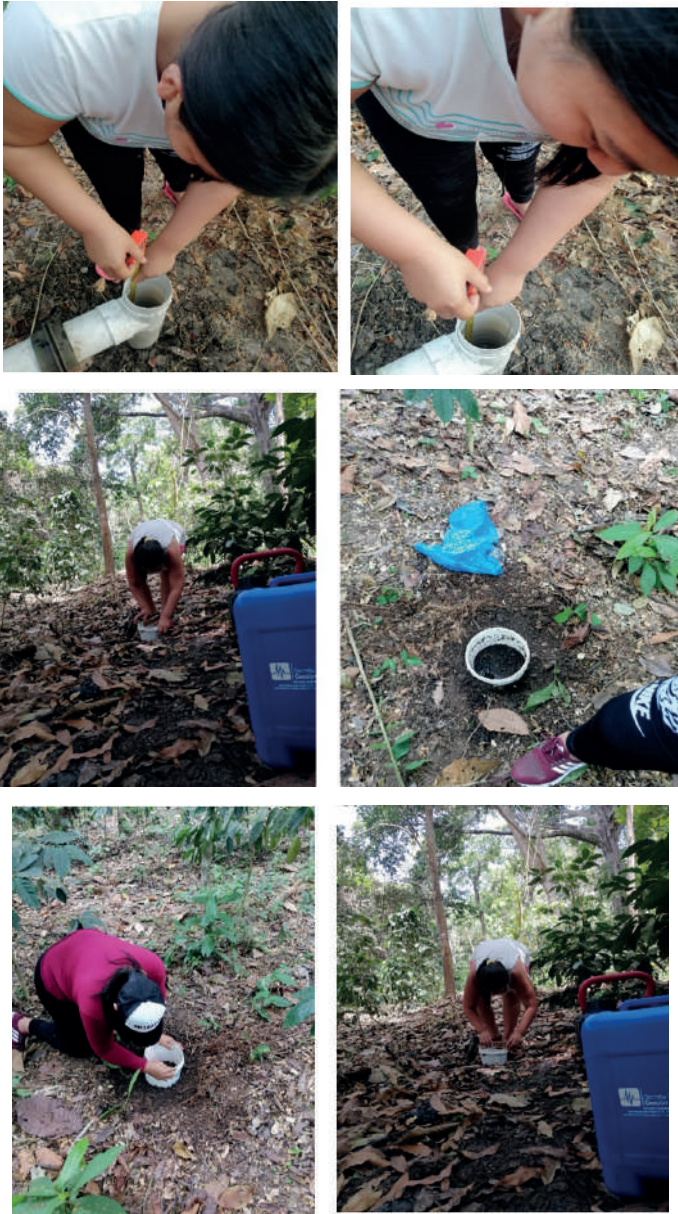
### 1.11. Triángulo Textural del Suelo



### 1.12. Ejemplo de requerimientos hídricos de café en función de la altitud, edad y densidad de siembra

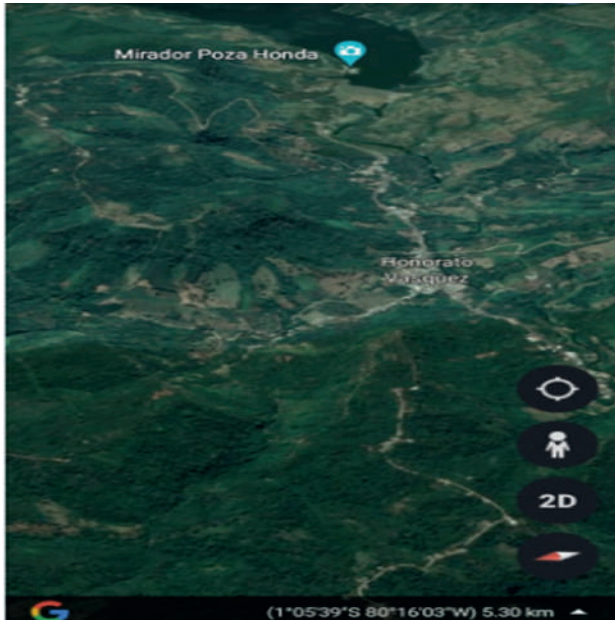
Altitud metros	Edad años	Densidad plantas/ha	Requerimientos hídricos			
			mm/día	mm/mes	mm/año	Litro/planta
1.000	0 a 1	2.500	2,2	67	817	9
1.000	0 a 1	5.500	2,7	82	992	5
1.000	0 a 1	7.500	2,9	87	1.061	4
1.000	0 a 1	8.500	3,0	89	1.088	4
1.000	0 a 1	10.000	3,1	92	1.124	3
1.000	1 a 3	2.500	3,0	89	1.079	12
1.000	1 a 3	5.500	3,4	103	1.253	6
1.000	1 a 3	7.500	3,6	109	1.322	5
1.000	1 a 3	8.500	3,7	111	1.347	4
1.000	1 a 3	10.000	3,8	114	1.385	4
1.000	> 3	2.500	3,7	110	1.340	15
1.000	> 3	5.500	4,1	124	1.514	8
1.000	> 3	7.500	4,3	130	1.583	6
1.000	> 3	8.500	4,4	132	1.611	5
1.000	> 3	10.000	4,5	135	1.647	5
1.400	0 a 1	2.500	2,1	62	755	8
1.400	0 a 1	5.500	2,5	75	916	5
1.400	0 a 1	7.500	2,7	80	979	4
1.400	0 a 1	8.500	2,8	83	1.005	3
1.400	0 a 1	10.000	2,8	85	1.038	3

### 1.13. Ensayos de campo para determinar propiedades físicas del suelo. Toma de datos de permeabilidad del agua en el suelo

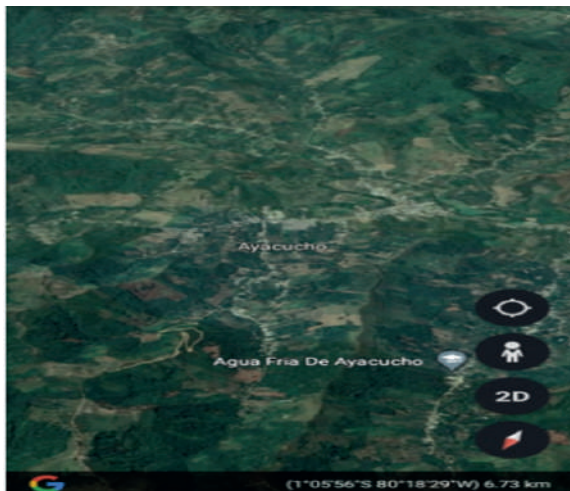


### 1.14. Mapas de ubicación de tomas de muestras.

#### Cabecera parroquial Honorato Vásquez



#### Sitio Agua fría de la parroquia Ayacucho









### 1.17. Reconocimiento de las fincas donde se van a extraer las muestras de los suelos



### 1.18. Toma de muestras de suelo



### 1.19. Cultivos de café



**TOMO 1**

**Estrategias para el manejo**  
sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita  
**UNESUM 2022**

**Capítulo**

**II**

**Manejo del vivero de café**



## 2. Manejo del vivero de café

### 2.1. Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (*Coffea arábica*) en etapa de vivero

#### Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de bioestimulantes en el desarrollo de las plantas de café arábigo en etapa de vivero. Los objetivos específicos fueron: Evaluar el comportamiento fisiológico del *café arábigo* a la aplicación de bioestimulantes, determinar el bioestimulante que incide en una mejor absorción de clorofila y su relación con el contenido de proteína, e identificar el bioestimulante que propicie mayor desarrollo morfológico. La metodología utilizada fue experimental de campo, empleando para la definición de resultados el diseños experimental completamente al azar, y en el tercer objetivo se aplicó un arreglo factorial ya que se consideraron medidas repetidas en el tiempo; se aplicó la prueba de significación de Duncan, proceso que se sustentó mediante un análisis que determino la normalidad de los datos. Los resultados obtenidos a nivel fisiológico, establecieron diferencia significativa entre tratamientos a nivel de materia seca (M.S.), humedad y nitrógeno (N), presentando a los bioestimulantes starlite y Evergreen como los de mejor respuesta fisiológica a nivel de contenido de M.S., y con respecto al contenido de N, la urea junto al Humega y Evergreen fueron los de más alta concentración, se estableció que existió mejor respuesta a asimilación de clorofila por parte de todos los bioestimulantes, superando de manera general a la urea, los mejores tratamientos fueron Micorriza y starlite, se ratificó así mismo la correlación entre el N y la Clorofila, no así con las variables MS y humedad. En lo referente al desarrollo morfológico se tomaron en consideración las variables: número de hojas, altura de planta y diámetro de tallo, todas analizadas en el tiempo (30, 60, 90 y 120 días), no se expresó interacción entre los factores bioestimulante y tiempo, sin embargo se resolvió analizar la línea de tendencia, de altura y N° de hojas, donde se encontró mejor respuesta del Humega y de la urea, y mediante prueba de significación se pudo apreciar mejor respuesta morfológica en la urea, y a nivel de bioestimulantes el Humega y la micorriza, todos entre los 90 y 120 días.

#### Introducción

La producción de café en el Ecuador ha presentado un comportamiento variable en los últimos quince años. Durante el período 2002-2011 se observó una tendencia principalmente creciente, la cual mostró un cambio drástico en el año 2012, ya que se produjo una caída significativa del 69% respecto al año

2011. Este comportamiento fue ocasionado por el descenso de la superficie plantada en 8% y la caída del rendimiento en 62%, en el mismo periodo de tiempo. La avanzada edad de las plantaciones y su renovación fueron las principales causas de este declive productivo (Monteros Guerrero, 2016)

A partir del año 2013, la productividad del cultivo ha presentado signos de recuperación gracias a las políticas ejecutadas en su beneficio y de los agricultores. Es así, que para el año 2015 la producción de café se ubicó en 5 mil toneladas, con un rendimiento de 0.12 toneladas por hectárea (grano oro). En el mismo año, el cultivo de café está presente en 21 provincias del país, de las cuales las principales son Manabí, Sucumbíos, Orellana y Loja; concentrando el 87% de la superficie sembrada (Monteros Guerrero, 2016).

Los bioestimulantes proporcionan incrementos adicionales a los rendimientos de los cultivos. Ayudan a los cultivos a asimilar nutrientes gracias a los bioestimulantes, las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados en el medio ambiente, a la vez que aseguran que los agricultores tengan un mayor retorno en sus inversiones. Mejoran la calidad de los cultivos: Con su uso, el cultivo tiene una mayor calidad (contenido en azúcares, color, firmeza y absorción de nutrientes) (Ormeño D & Ovalle, 2007).

De acuerdo a lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un conjunto de compuestos heterogéneos con base del carbono, y formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos. Una pequeña fracción de la materia orgánica está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y hacen parte también de las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular (Restrepo, Gómez, & Escobar, 2014).

Investigación realizada en México donde se evaluó la respuesta de las plantas de café en etapa de vivero, manejadas bajo el enfoque ecológico, a la utilización de tres abonos orgánicos (composta, bocashi y vermiabono) empleados bajo diferentes proporciones (25%, 50%, 75% y 100%), indican que los abonos orgánicos composta y bocashi mostraron los mejores beneficios en la producción de plantas de café en la etapa de vivero, sobresaliendo las proporciones de 25% y 50%. Para el número de hojas la proporción que acumuló la mayor cantidad fue 50% de composta; para esta misma proporción se cuantificó el mayor peso seco y verde de raíz, tallo y hojas, por lo que se considera como uno de los tratamientos más pertinentes para la producción de plántulas de café en la etapa de vivero (Aguilar Bravo & Villacis Junco, 2016).

Los factores que permitieron a los productores de café Arábigo obtener estos resultados son el uso de las variedades: Sarchimor (18%), Caturra (17%) y Catuai (14%) y la obtención de características productivas adecuadas en la planta de café como son: 1.37 eje productivo, 15.15 ramas, 4.71 nudos por rama y 3.87 frutos por nudo. Para el caso del café Robusta, las características productivas más destacadas fueron: el uso de una densidad de 984 plantas por hectárea, la siembra de la variedad NP 305 (65%) y la obtención de características sobresalientes en la planta de café como son: 2.29 ejes productivos, 19.77 ramas, 6.63 nudos por rama y 12.77 frutos por nudo (Monteros Guerrero, 2016).

En el cantón Jipijapa se realizó una investigación en viveros de café arábigo donde se determinó que el mejor abono orgánico utilizado en viveros de café para mejorar la calidad de las plantas antes del trasplante fue el fertilizante orgánico micropplus que posee como Ingrediente Activo Nitrógeno 10.2%, Fosforo 4.2%, Potasio 7.2%, magnesio 2%, Zinc 35 ppm, Cobre 40 ppm, Hierro 95 ppm, Molibdeno 5 ppm, Boro 20 ppm. Además se indicó que las características agronómicas de las plantas de café presentaron a los 180 días después del trasplante una altura de planta entre 17 y 18 cm, un diámetro de tallo 0.375 cm y una longitud de raíz al momento del trasplante de 20 cm (Acuña, 2013).

La definición del Dr. Patrick Du Jardin es la más aceptada y distribuida a nivel internacional y menciona que “Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”. Por extensión, también se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que contienen mezclas de estas sustancias o microorganismos (García-Seco, 2017).

Además de los bioestimulante orgánicos también son utilizados los fertilizantes químicos que de acuerdo a su composición ayudan al desarrollo de las plantas y potenciar su desarrollo y producción, destacan los que aportan nitrógeno que es lo que más demanda las plantas especialmente en la etapa de desarrollo.

La utilización de los nutrientes ya sea aplicado de manera química u orgánica ayuda a mejorar el desarrollo de las plantas especialmente cuando están en semilleros o viveros lo que permite tener plantas con buen desarrollo radicular y foliar para ser llevadas al lugar definitivo y potenciar su desarrollo

según su estado fenológico en que se encuentran que redundara en acelerar el proceso de desarrollo y fructificación.

Los bioestimulantes favorecen el crecimiento y el desarrollo de las plantas durante todo el ciclo de vida del cultivo, desde la germinación hasta la madurez de las plantas, mejorando la eficiencia del metabolismo de las plantas obteniéndose aumentos en los rendimientos de los cultivos y la mejora de su calidad; implementando la tolerancia de las plantas a los esfuerzos abióticos y la capacidad de recuperarse de ellos; facilitando la asimilación, el paso y el uso de los nutrientes; aumentando la calidad de la producción agrícola, incluyendo el contenido de azúcares, color, tamaño del fruto, etc., regulando y mejorando el contenido de agua en las plantas y aumentando algunas propiedades físico-químicas del suelo y favoreciendo el desarrollo de los microorganismos del suelo (Bárez P, 2015).

La investigación se llevó a efecto porque con la tendencia actual del uso de abonos o bioestimulantes orgánicos en la producción agropecuaria es necesario darle a los productores cafetaleros alternativas de productos que no contamine el ambiente ni la salud de las personas y más bien fortalezca el desarrollo de las plantas de café en las diferentes áreas de la zona sur de Manabí. Los beneficiarios de la investigación serán los productores cafetaleros de la zona sur de Manabí y toda su área de influencia donde el café está retornando a ser el principal rubro de producción dentro de las fincas.

Las nuevas necesidades de producción y la búsqueda de un mayor beneficio por parte de los agricultores, ha conseguido que el uso de bioestimuladores gane importancia cada día para el tratamiento de los cultivos. Por un lado el fortalecimiento de las plantas consigue aprovechar al máximo los aportes de fertilizantes tradicionales, obteniendo una reducción notable en la aplicación de los mismos. Esta mejora significativa de la calidad natural de las cosechas se convierte en producciones más ecológicas, acordes con los actuales gustos del consumidor, permitiendo incluso reducir sus costos.

### **Metodología aplicada**

El trabajo de investigación se desarrolló en la parroquia El Laurel perteneciente al cantón Daule, provincia del Guayas.

El Laurel es una de las cuatro parroquias rurales que pertenece del Cantón Daule, de la provincia del Guayas. Está situada al norte del cantón Daule, a la altura del Km. 56 de la Vía Guayaquil-Daule-Balzar. Su extensión territorial es de 38,48 Km<sup>2</sup>. Su clima es de 26 a 32 grados centígrados en invierno y 22 a 26 de grados C, en el verano.

La parroquia El Laurel está ubicado en la parte norte del Cantón Daule, limita:

- Al Norte: el Cantón Santa Lucía,
- Al Sur: Parroquia Juan Bautista Aguirre del Cantón Daule,
- Al Este: Parroquia Junquillal del Cantón Salitre, y,
- Al Oeste con la Parroquia Limonal del cantón Daule (GAD Parroquial Rural El Laurel, 2015).

Los materiales que se utilizaron en el desarrollo de este ensayo de investigación fueron, Caña guadúa, Cady, Clavos, Alambre, Martillo, Balde, Azadón, Tijera de podar, Regadera, Bomba de fumigar, Vaso dosificador, Abre hoyos, Machete y Alicata, estos serán utilizados en la construcción del vivero y las platabandas donde serán ubicadas las fundas llenas de sustrato de acurdo a los tratamientos planteados en la investigación así como también para llevar un manejo adecuado de riego y desarrollo foliar de las plantas.

### **Factores climáticos**

Las características climáticas de la Parroquia El Laurel es un clima Tropical Megatérmico Húmedo (según la clasificación de Pierre Pourrot, 1995).

#### **Temperatura**

En lo relacionado a la temperatura, el promedio anual de El Laurel es de 26°C, información proporcionada por el INAMHI.

#### **Precipitación**

Registra una precipitación media anual de 1.210 mm, con un promedio mensual de 100mm. La estación lluviosa se extiende de noviembre hasta abril, mientras que la estación seca comienza en mayo a octubre.

#### **Humedad relativa**

Registra una humedad relativa anual de 88%, según datos del INAMHI.

#### **Vientos**

De acuerdo a datos de anuarios del INAMHI, la velocidad mayor observada promedio es de 6,24 m/s. En el área de influencia los vientos que predominan provienen del este al oeste, en tanto que los otros son irregulares.

## **Nubosidad**

El territorio de El Laurel se muestra con alta nubosidad, presenta valores casi constantes durante todo el año de 7/8, el tipo de nubes de acuerdo a la época del año.

## **Agua**

### **Subsistemas hídricos**

EL Laurel pertenece a la sub cuenca del Río Daule, principal río de la misma y hacia el cual confluyen los ríos Pula y Jigual así como otros esteros y arroyos. El Río Pula es elemento central de la red hidrográfica que incide en áreas agrícolas de la provincia. Inicia en Los Ríos, tomando aguas del Río Quevedo y recibe la influencia del Río Macul. Así mismo da origen a otros ríos como el Jigual y con este al Salitre y Los Tintos (GAD Parroquial Rural El Laurel, 2015).

### **Factores en estudio**

#### **Factor A: Tipos de bioestimulantes orgánicos**

- A1. Humega
- A2. Evergreen
- A3. Starlite
- A4. Urea
- A5. Micorriza

#### **Tratamientos**

- Nº Factor A
- 1- Humega
- 2- Evergreen
- 3- Starlite
- 4- Urea
- 5- Micorriza

#### **Diseño experimental**

Se utilizó el diseño experimental completamente al Azar, aclarando que para el objetivo 3 se empleó el arreglo factorial por los datos tomados en el



tiempo, (Gabriel, Castro, Valverde, & Indacochea, 2017) considerándose los siguientes tiempos:

- 30 días
- 60 días
- 90 días
- 120 días

**Tabla 2.1.**

*Características del experimento.*

Delineamiento experimental	
Unidades o parcelas experimentales	: 75
Número de repeticiones	: 15
Número de tratamientos	: 5
Hileras por parcela	: 5
Hileras útiles	: 5
Número de plantas por unidad experimental	: 1
Número de plantas por tratamiento	: 15
Número de plantas evaluadas en parcela útil	: 10
Distancia entre repeticiones	: 1 m

### **Análisis estadístico**

De acuerdo al análisis estadístico expuesto en el diseño experimental, se aplicó el siguiente análisis de varianza:

**Tabla 2.2.**

*Análisis de varianza.*

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Error Experimental	15
Total	19

Modelo lineal:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$

Donde,

$Y_{ij}$  = Contenido de proteína asociada al  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -ésima repetición

$\mu$  = media poblacional

$T_i$  = efecto del i-esimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = error experimental al i-esimo tratamiento y la j-esima repetición.

Para el caso de las medidas repetidas en el tiempo (comprende objetivo 3) se aplicó el siguiente modelo en el Infostat, tomando como base el diseño completamente al azar

Variedad\*Variedad\*repetición

Variedad\*repetición

Tiempo

Variedad\*Tiempo

### Análisis funcional

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Duncan al 0,05% de probabilidades.

### Coefficiente de variación

El coeficiente de variación se utilizó tomando en consideración la siguiente formula:

$$C. V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

### Variables a ser evaluadas

**OE1.** Evaluar el comportamiento fisiológico (contenido de nitrógeno) de café arábigo (*Coffea arábica*) a la aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero.

- Contenido de materia seca
- Contenido de humedad
- Contenido de Nitrógeno en la hoja de las plantas de café por tratamiento

Se recolectaran muestras de hojas por plantas y se llevaron al laboratorio de Bromatología de la UNESUM. Se obtendrá mediante comparaciones de materia seca.

**OE2.** Determinar el bioestimulante que incide en una mejor absorción de clorofila y su relación con el contenido de nitrógeno.

- Contenido de Clorofila
- Correlación Clorofila y Nitrógeno

**OE3.** Identificar el bioestimulante que propicie mayor desarrollo morfológico en plántulas de café arábigo (*Coffea arábigo*) en etapa de vivero.

Se tomaron datos de:

- **Altura de planta (cm).** Se tomó este dato considerando desde el ras del suelo hasta el último par de hojas antes de llegar al brote del ápice en 10 plantas tomadas al azar con la ayuda de una regla graduada.
- **Diámetro de tallo (mm).** Esta variable fue tomada en las plantas utilizadas para tomar altura de planta y con la ayuda de un calibrador Vernier o pie de rey se tomó el diámetro en la parte intermedia de la planta.
- **Número de Hojas (N°).** Se contabilizaron el número de hojas cada mes a partir de los 30 días después del trasplante a las fundas en las 10 plantas consideradas útiles por tratamiento.

### **Manejo específico de la investigación**

- **Construcción del vivero.** Se realizó la construcción de un vivero con caña guadua donde se ubicaron las platabandas y de esta manera se ubicaron las fundas llenas con sustratos donde fueron llevadas las plántulas de café una vez que cumplieron su ciclo en el semillero. El techo y paredes fueron construidos con sarán.
- **Recolección de sustratos para elaborar la mezcla.** Se colectó arena de río para darle soltura al sustrato, tierra negra y además se compró compost con la finalidad de realizar un sustrato adecuado que cumpla con todas las exigencias de textura y fertilidad del suelo, la mezcla fue 40 % de arena de río, 40 % de tierra negra y 20 % de compost.
- **Desinfección del sustrato.** El suelo fue desinfectado con la aplicación de imbio neem que actúa como insecticida y fungicida, para prevenir la presencia de plagas y enfermedades al suelo.
- **Llenado de fundas.** Una vez preparado el sustrato y desinfectado se procedió al llenado de fundas con la finalidad de ser ubicadas en las diferentes platabandas establecidas para el efecto y de acuerdo a los tratamientos establecidos en la investigación.

- **Riego de pre trasplante.** Una vez llenadas las fundas se procedió a darle un riego de pre trasplante y a realizar un arreglo de aquellas fundas que estén mal ubicadas.
- **Trasplante.** Este se realizó una vez que las plantas cumplieron su ciclo en el semillero y estuvieron listas para ser llevadas al vivero y ubicarlas una planta en cada funda.
- **Riego.** El riego se lo efectuó cada 7 días y cuando la situación lo amerito de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentaron en la zona.
- **Control de malezas.** Esto se lo realizó de manera manual de acuerdo a la presencia de estas en las fundas utilizadas en el ensayo.

### Pruebas de laboratorio

**Para la determinación de M.S.,** la muestra se pesó sobre los contenedores en frío, en cantidades que oscilaban entre 100 y 500 g, según disponibilidad, con la precaución de no rebasar la altura del contenedor y sin ejercer presión.

Se utilizó una estufa de gran capacidad y con ventilación por aire forzado, con un volumen interior de 270 dm<sup>3</sup> para la determinación a 102°C y 60°C, respectivamente, con bandejas perforadas con orificios de 1 cm 0 y situadas a 20 cm de distancia entre dos sucesivas, considerando un tiempo de desecación de 24 h.

En función de la temperatura de secado, se obtuvieron los % de materia seca: a 60°C (MS60) y a 102°C (MS102), pesando en caliente (De La Roza-Delgado, Martínez Fernández, & Argamentaría Gutiérrez, 2002).

### Determinación de proteína por método de Kjeldahl

El contenido total de proteínas en los alimentos está conformado por una mezcla compleja de proteínas. Estas existen en una combinación con carbohidratos o lípidos, que puede ser física o química. Actualmente todos los métodos para determinar el contenido proteínico total de los alimentos son de naturaleza empírica. Un método absoluto es el aislamiento y pesado directo de la proteína pero dicho método se utiliza sólo a veces en investigaciones bioquímicas debido a que es dificultoso y poco práctico (García Martínez & Fernández Segovia, 2022).

En 1883 el investigador danés Johann Kjeldahl desarrolló el método más usado en la actualidad para el análisis de proteínas (método Kjeldahl) me-

diante la determinación del nitrógeno orgánico. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Las reacciones llevadas a cabo en el método de kjeldahl son: digestión, catalización y titulación (García Martínez & Fernández Segovia, 2022).

### **Preparación de la muestra**

Triturar, homogeneizar y mezclar la muestra.

Pesar entre 1 y 2 gramos de muestra.

En muestras con contenidos de nitrógeno muy pequeño, tomar la muestra suficiente para que contenga como mínimo 5 mg de nitrógeno.

### **Digestión**

- Añadir entre 10 y 15 ml (tubo macro) de  $H_2SO_4$  96-98% y 1 tableta (8 gr) de catalizador.

(Para el tubo micro, el máximo de  $H_2SO_4$  es 5 ml)

- Montar un sistema para la extracción de humos o scrubber con  $Na_2CO_3$ .
- Realizar la digestión en tres pasos:
  1. En función del contenido de agua de la muestra, empezar la digestión evaporando agua a 150 °C entre 15 y 30 minutos.
  2. Realizar un segundo paso entre 270 y 300 °C entre 15 o 30 minutos para reducir la producción de humos blancos.
  3. Continuar la digestión a 400 °C entre 60 y 90 minutos.

Control Visual: el resultado es un líquido transparente nítido con coloración azul claro, verde o amarillo dependiendo del catalizador utilizado. No deben quedar restos negros adheridos a la pared de tubo.

Nota: durante la digestión debe controlarse la producción de espuma en las muestras. Si esta es excesiva, debe alargarse el paso n° 1.

### **Dilución**

- Sacar los tubos muestra del bloque digestor y dejar enfriar a temperatura ambiente  $T^a$ . (Puede forzarse sumergiendo los tubos, cuidadosamente, en un poco de agua).
- Añadir unos 25 ml de agua destilada en cada tubo.

- Añadir el agua despacio y moviendo el tubo sin dejar solidificar la muestra. Si es necesario calentar ligeramente el tubo (por ej. introduciéndolo en el bloque digestor todavía caliente)
- Dejar enfriar de nuevo hasta Tª ambiente.
- Para evitar pérdidas de nitrógeno y reacciones violentas no introducir el tubo todavía caliente al destilador.

### Destilación

- Situar un Erlenmeyer de 250ml a la salida del refrigerante con 50ml de ácido Bórico y unas gotas de indicador.
- Programar una dosificación de 50 a 75 ml de NaOH.
- Introducir el tubo con la muestra en el destilador.
- Destilar hasta recoger 250 ml en el Erlenmeyer (50ml Bórico + 200ml de destilado).

**Control Visual:** Una vez se ha añadido el NaOH, la muestra debe tomar una coloración azulada, de no ser así, añadir más NaOH.

### Valoración y cálculo

- Valorar el destilado con HCl ó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta el cambio de color. (Punto final: pH 4.65)

Moles de HCl = Moles de NH<sub>3</sub> = Moles de N en la muestra

Moles de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 2Moles de NH<sub>3</sub> = 2 Moles de N en la muestra

Realizar el cálculo:

$$\text{mg N} = N \times V \times 14$$

Donde:

N = Normalidad del ácido de valoración

V = Volumen de ácido consumido

14 = Peso atómico del nitrógeno.

- Para pasar a contenido de proteínas corregir por el factor adecuado según la naturaleza de la muestra. (6.25 por defecto)
- Periódicamente realizar un ensayo en blanco y restarlo del resultado.

$$\% \text{ Proteínas} = P2/P0 \times 100 \times F$$

**Donde:**

P2: Nitrógeno (mg).

P0: Peso de la muestra (mg).

F: Factor proteínico.

(6.25 por defecto)

**Factor proteico de algunos alimentos:**

Almendras 5,18

Nueces 5,30

Nueces - cacahuetes 5,41

Gelatina 5,55

Soja 5,71

Cebada, avena, centeno 5.83

Trigo, harina entera 5,83

Harinas (no entera) 5,70

Arroz 5,95

Maíz 6,25

Todos los otros alimentos 6,25 (Empleado en el presente estudio)

Salvado 6,31

Leche y lácteos 6,38 (García Martínez & Fernández Segovia, 2022)

Los estudios de laboratorio se realizaron en el área de Bromatología de la UNESUM.

**Medición de absorbancia de clorofila**

Las clorofilas tienen típicamente dos grupos de absorción en el espectro visible:

En la zona de la luz azul (400-500 nm). En la zona roja del espectro (600-700 nm). Las clorofilas reflejan la parte media de color verde (500-600 nm)

Equipamiento y reactivos: Sonicador Ultrasónico o Mortero de vidrio, centrífuga de mesada: 3000 rpm.

- Solución saturada de  $\text{MgCO}_3$ : Agregar 1g de  $\text{MgCO}_3$  a 100 mL de agua reactivo. Fitrar sobre membrana de fibra de vidrio de  $1\mu\text{m}$  de poro.
- Acetona 90%: 90 partes de acetona + 10 partes de solución saturada de  $\text{MgCO}_3$ . (Camacho Navas, 2018)

### **Resultados experimentales**

Los ejercicios estadísticos se realizaron mediante la aplicación del software Infostat.

La evaluación del comportamiento fisiológico (contenido de nitrógeno) de *café arábigo* (*Coffea arábica*) a la aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero, se realizó la toma de muestras de cada uno de los tratamientos, a partir de las hojas de las plantas, mismas que se deshidrataron y dio lugar en primera instancia a la abstención de la materia seca y posteriormente el contenido de proteína.



**Tabla 2.3.**

*Resultado de los análisis de laboratorio.*

Bioestimulantes	Proteína	Humedad	M. Seca
Urea	2,9 <sup>a</sup>	70,23 <sup>a</sup>	30,4 <sup>a</sup>
Humega	2,88 <sup>ab</sup>	68,04 <sup>b</sup>	31,26 <sup>b</sup>
Evergreen	2,87 <sup>abc</sup>	68,25 <sup>ab</sup>	31,7 <sup>ab</sup>
Micorriza	2,84 <sup>bc</sup>	69,06 <sup>ab</sup>	31,12 <sup>b</sup>
Starlite	2,82 <sup>c</sup>	67,11 <sup>b</sup>	32,89 <sup>a</sup>

**Elaborado por:** Josselyn Moreno

El análisis de humedad determino aceptación a la hipótesis de investigación, estableciéndose diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, con un p-valor de 0,0069 que implica un nivel de confianza del 99%. El resultado obtenido motivo la aplicación de la prueba de Duncan, cuyo resultado expresa que la Urea como testigo presento mejor respuesta fisiológica frente al resto de tratamientos en el cultivo de café en la etapa de vivero, en su orden de importancia estuvieron los bioestimulantes Humega y Starlite.

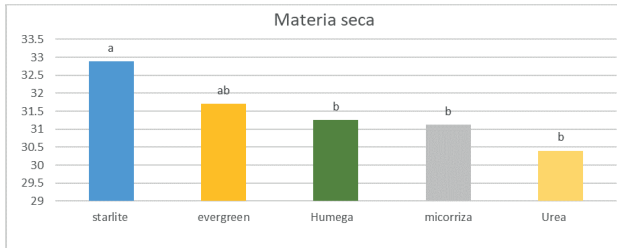
En lo que respecta a materia seca, los mejores resultados fueron presentados por los bioestimulantes Starlite, humega y everegreen en su orden. El análisis de varianza en función al p-valor obtenido de 0,0418, estableció diferencia significativa con el 95% de confianza, lo que motivo el respectivo análisis de significación, mismo que determino alto contenido de materia seca en los bioestimulantes.

Los resultados obtenidos en el análisis de proteína ratifican los resultados obtenidos en la determinación de humedad, aceptando la hipótesis de investigación, con un p-valor de 0,0226 lo que implica diferencia estadística entre tratamientos con el 95 % de confianza; lo que motivo el análisis de los resultados por medio de la prueba de significación de Duncan, estableciéndose como mejor tratamiento al testigo que es la Urea, seguido de los bioestimulantes humega y evergreen respectivamente, contrario a lo que se podría suponer con respecto al contenido de materia seca, marcándose que el hecho de existir más contenido de materia seca no garantizó mayor presencia de proteína (nitrógeno).

Se presentan a continuación los gráficos correspondientes a los resultados de las pruebas de significación de Duncan de cada una de las variables analizadas.

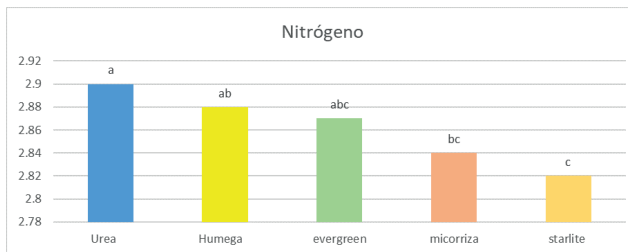
**Figura 2.1.**

*Materia seca.*



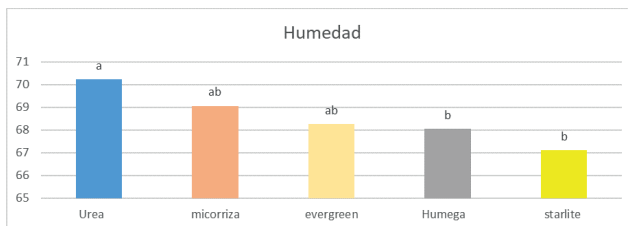
**Figura 2.2.**

*Humedad.*



**Figura 2.3.**

*Proteína.*



Para determinar el bioestimulante que incide en una mejor absorción de clorofila y su relación con el contenido de proteína. Se realizó la respectiva prueba de laboratorio donde se aplicó el método de absorbancia.

El análisis de varianza dio como resultado alta significancia a nivel de bioestimulantes, lo que descartó la hipótesis nula, aceptando la hipótesis de

investigación con un 99% de confianza, definiendo por lo tanto diferencia estadística entre tratamientos con un p-valor de 0,0039 como se describe en la **Tabla 2.4.**

**Tabla 2.4.**

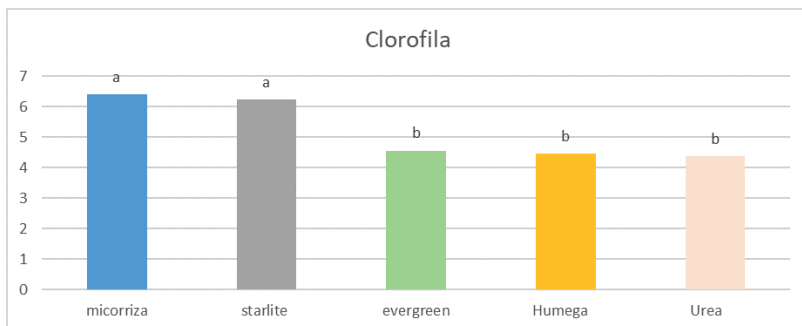
*Análisis de la Varianza.*

Análisis de la Varianza					p-valor
F.V.	SC	gl	CM	F	
Bioestimulantes	12,46	4	3,12	7,9	0,0039
Error	3,94	10	0,39		
Total	16,4	14			
CV= 12,06					

La prueba de significación realizada a la variable clorofila, determinó como mejores tratamiento a los manejados con micorriza y Starlite, tal como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 2.4.**

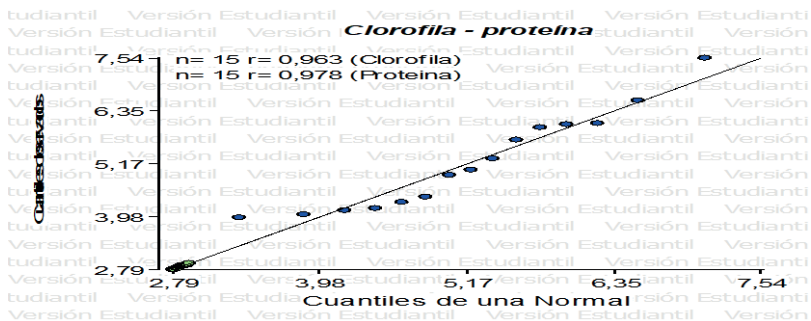
*Clorofila.*



**Figura 2.4** Es oportuno mencionar que se realizó un análisis de datos, en el que se determinó la normalidad de los mismos (Nº 3), y por tanto se sustentó el coeficiente de correlación de Pearson.

**Figura 2.5.**

*Clorofila - proteina.*



**Tabla 2.5.**

*Medidas resumen.*

Variable N	Media	D.E	E.E	CV	Mín	Máx	Median	Asimet	Kurtos	P(05)
Clorofila 15	5,21	1,08	0,28	20,79	3,96	7,54	5,02	0,64	-0,62	3,96
Proteína 15	2,86	0,04	0,01	1,30	2,79	2,92	2,87	0,50	-0,53	2,79
Materia seca 15	31,47	1,10	0,28	3,50	29,06	33,32	31,61	0,27	0,07	29,06
Humedad 15	68,54	1,27	0,33	1,86	66,68	70,94	68,37	0,10	0,83	66,6

La robustecida del análisis de varianza dio lugar a su aplicación, sustentándose por el valor de asimetría que está alrededor de cero y de la Kurtosis que es menor de tres, lo que ratifico la normalidad de los datos y por tanto también la aplicación de la correlación de Pearson.

**Tabla 2.6.**

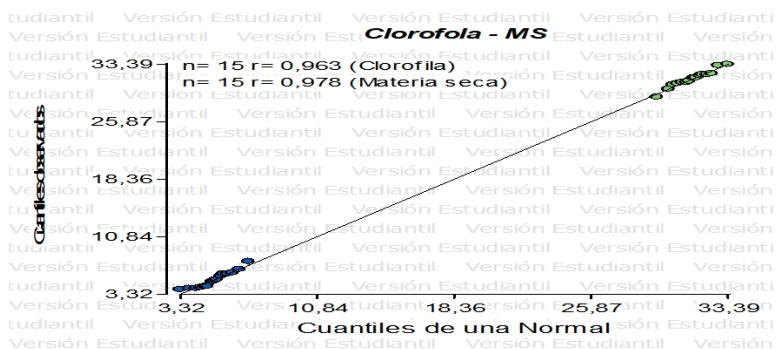
*Correlación de Pearso.*

Variable (1)	Variable(2)	n	p-valor
Clorofila	Proteína	15	0,0005
Clorofila	Humedad	15	0,4472
Clorofila	Materia seca	15	0,5762

Como se aprecia en el **Tabla 2.6**, existe correlación entre clorofila y proteína (nitrógeno), (**Figura 2.5**) no así con las otras variables como son humedad y M.S.

**Figura 2.6.**

*Clorofolo - MS.*



Para identificar el bioestimulante que propicie mayor desarrollo morfológico en plántulas de *café arábigo* (*Coffea arábica*) en etapa de vivero, fue necesario hacer un análisis integral del ensayo, se consideró la base de datos tomados en el tiempo (30, 60, 90 y 120 días), lo que motivo la aplicación del diseño completamente al azar con arreglo factorial pues se sumó el factor tiempo. Las variables analizadas que se relacionan con el desarrollo morfológico de la planta fueron: diámetro de tallo, altura de planta, y número de hojas. Los resultados obtenidos son los siguientes.

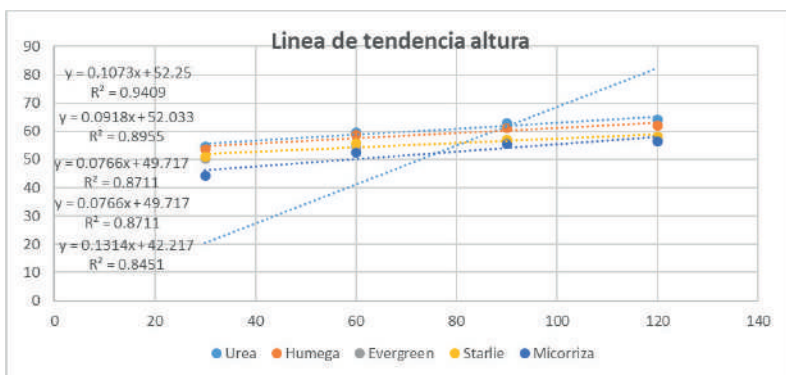
El análisis de varianza a nivel de altura no identificó interacción entre los factores: bioestimulante y tiempo, cuyo p-valor 0,994 no determinó significancia a nivel de interacción pues supera el valor de 0,05 requerido como estándar mínimo de significancia, sin embargo ante su proximidad y previa corrección del error mediante una prueba de polinomio ortogonal, considerando que

se cuenta con una variable cualitativa - categórica (Bioestimulantes) y otra variable cuantitativa discreta (tiempo), se estableció un valor de p-valor 0,67 (Figura 2.7), con una tendencia lineal.

Se aprecia en el gráfico una mejor respuesta de la Urea frente a la altura con una línea de tendencia  $R^2 = 0,9409$ , que determina incluso menor afectación ambiental frente al resto de tratamientos.

### Figura 2.7.

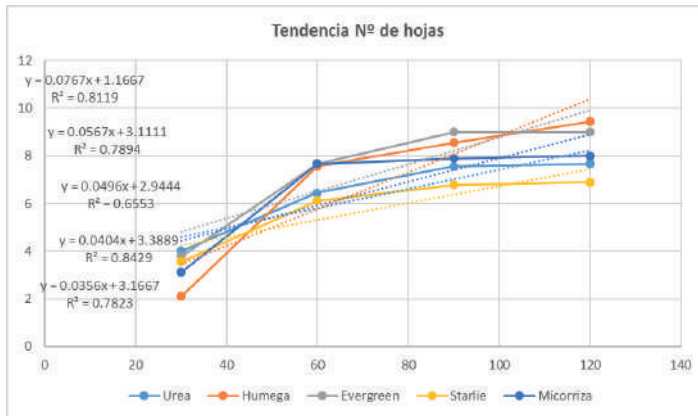
*Línea de tendencia altura.*



Los resultados alcanzados en el análisis de varianza con respecto al número de hojas determinó un p-valor de 0,177 apreciando no significación a nivel de interacción bioestimulantes – tiempo frente al número de hojas, sin embargo el análisis de tendencia lineal determinó un mejor comportamiento del Humega y el Evergreen.

**Figura 2.8.**

*Tendencia N° de hojas.*



En lo que respecta al diámetro de tallo, el resultado obtenido en el análisis de varianza fue de un p-valor 0,543 lo que significó que no hay interacción entre los factores biotecnología y tiempo, por tanto el uso de los diferentes bioestimulantes no determino diferencias en el crecimiento del diámetro del tallo durante el tiempo del ensayo.

Con el fin de encontrar diferencias entre tratamientos y el tiempo de crecimiento de las plantas de café en la etapa de vivero, se tomó la decisión de aplicar la prueba de significación de Duncan en cada variable estudiada (**Tabla 2.7**), en el que se puede apreciar las diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 2.7.**

*Prueba de Duncan a nivel morfológico.*

Bioestimulantes	Tiempo	M. Altura	Diámetro de tallo	N° de hojas
Urea	120 minutos	27,4 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	9,67 <sup>b</sup>
Urea	90 minutos	26,9 <sup>ab</sup>	0,23 <sup>ab</sup>	9,33 <sup>bc</sup>
Humega	120 minutos	25,97 <sup>abc</sup>	0,17 <sup>abc</sup>	12,33 <sup>a</sup>
Humega	90 minutos	25,53 <sup>abc</sup>	0,17 <sup>abc</sup>	11 <sup>ab</sup>
Starlie	120 minutos	25,33 <sup>abc</sup>	0,2 <sup>abc</sup>	8,67 <sup>bc</sup>
Urea	60 minutos	25,17 <sup>abc</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	8 <sup>c</sup>
Starlie	90 minutos	24,8 <sup>abc</sup>	0,17 <sup>abc</sup>	8,33 <sup>bc</sup>
Humega	60 minutos	24,5 <sup>bc</sup>	0,13 <sup>bc</sup>	9,33 <sup>bc</sup>

Evergreen	120 minutos	24,3 <sup>bc</sup>	0,2 <sup>abc</sup>	11 <sup>ab</sup>
Starlie	60 minutos	24,23 <sup>bc</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	7,67 <sup>c</sup>
Evergreen	90 minutos	24,23 <sup>bc</sup>	0,2 <sup>abc</sup>	11 <sup>ab</sup>
Micorriza	120 minutos	23,8 <sup>c</sup>	0,2 <sup>abc</sup>	10 <sup>abc</sup>
Evergreen	60 minutos	23,5 <sup>c</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	9,67 <sup>bc</sup>
Micorriza	90 minutos	23,33 <sup>c</sup>	0,2 <sup>abc</sup>	9,67 <sup>bc</sup>
Urea	30 minuto	23,13 <sup>c</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	5,33 <sup>b</sup>
Humega	30 minuto	22,33 <sup>cd</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	3 <sup>b</sup>
Starlie	30 minuto	22,27 <sup>cd</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	4,67 <sup>b</sup>
Micorriza	60 minutos	22,17 <sup>cd</sup>	0,23 <sup>ab</sup>	9 <sup>bc</sup>
Evergreen	30 minuto	21,63 <sup>cd</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	4,67 <sup>b</sup>
Micorriza	30 minuto	18,93 <sup>b</sup>	0,1 <sup>bc</sup>	3 <sup>b</sup>

Como se puede apreciar el testigo (Urea) expreso mejor respuesta morfológica, y a nivel de bioestimulantes fueron el humega y la micorriza, todos entre los 90 y 120 días, lo que da la pauta para comprender que a mayor tiempo, mejor se expresaba la respuesta de la planta de café en la etapa de vivero.

## Discusión

Los resultados obtenidos determinaron una respuesta fisiológica significativa de la planta de café en la etapa de vivero a la aplicación de bioestimulantes, afectando el contenido de proteína (nitrógeno) p-valor 0,0226; sin embargo es importante puntualizar que la urea presento entre los tratamiento mejor respuesta que cualquiera de los bioestimulantes aplicados.

El productor de nuestro sector utiliza con mucha frecuencia la urea, comúnmente lo hace de forma indiscriminada y por tanto sin medir consecuencia de los daños que pudiese ocasionar a la planta. El Biuret es un compuesto químico que se encuentra en la urea. La toxicidad por Biuret aumenta cuando la urea se usa en aspersión foliar. (Fertilab, 2012) El daño detallado por Biuret es acumulativo y los síntomas son: Amarillamiento entre las nervaduras secundarias y hacia el borde de la hoja, hojas en desarrollo quedan pequeñas, las hojas viejas y nuevas forman una concavidad hacia el envés, las plántulas tienen poco desarrollo.

El nitrógeno es uno de los nutrientes que más limita el crecimiento de las plantas, debido a que junto al potasio son los de mayor nivel de demanda por unidad de materia seca de los cultivos (Biblioteca.cenicafe.org, 2015), la



concentración del N es del 30,94% y hasta 650 días después de la siembra, la absorción varía entre 8,55 a 19,36 g/planta.

Las hojas de café finalizan su expansión, pasan a ser exportadoras potenciales de nutrientes. La degradación de compuestos contenidos en las células foliares maduras conlleva a la migración de fotoasimilados y nutrientes minerales móviles —en especial N y K— hacia vertederos como raíces y frutos (Salamanca, 2018), el análisis de laboratorio realizado a partir de las hojas de café, determino la materia seca con un p-valor 0,041 definida mediante análisis de varianza, donde se estableció diferencia significativa entre tratamientos, presentando a los bioestimulantes starlite y Evergreen como los de mejor respuesta fisiológica.

Las altas producciones en los cultivos son el resultado de una producción mayor de materia seca en las hojas (García-Seco, 2017) citando además que las altas densidades de población depende principalmente del suministro de nitrógeno.

Los resultados alcanzados a nivel de asimilación de clorofila, establecieron asimilación de nitrógeno y por ende correlación, sin embargo los bioestimulantes demostrando tener mejor asimilación que la urea. Sanclemente, (2008) indica que observó una tendencia general a aumentar la eficiencia fotosintética a medida que aumenta la concentración de nitrógeno. Lo que ratifica de (Vasconcelos, Prado, Reyes Hernández, & Caione, 2014) quien indica que en las hojas, hay una significativa correlación entre los contenidos de clorofila con la concentración de nitrógeno en la hoja, entre 50 a 70%, en todo caso ambos autores coinciden con los resultados obtenidos en la investigación.

El N, es un importante constituyente estructural de la clorofila, por lo que es importante en la fotosíntesis. Además, también forma parte de los aminoácidos y ácidos nucleicos (Tello-Gómez, 2012). Sus funciones son: a) Forma parte de la clorofila, b) la materia seca de los vegetales contiene del 2 al 4% de nitrógeno, c) interviene en todo el proceso de formación de los tejidos para el crecimiento de las plantas, d) es el elemento que da mayor respuesta a la producción del cafeto y e) es constituyente de los ácidos nucleicos, por lo mismo responsable de la información genética (ANCAFE, 2018). Los datos alcanzados a nivel de proteína en materia seca coinciden con el promedio alcanzado en la investigación el cual fue de 2,86%.

En lo que respecta al desarrollo morfológico del café en etapa de vivero, se consideró las variables diámetro de tallo, altura de planta, y número de hojas, en todos los casos el desarrollo fue uniforme, con una línea de tendencia

creciente durante el tiempo del experimento, encontrándose solo diferencia estadísticas mediante prueba de significación, donde se visualiza mayor asimilación en el cuarto y quinto mes de edad de las plantas, observándose sin embargo mejor respuesta con el urea y con el ácido húmico, aunque las diferencias estadísticamente hablando no fueron significativas.

(Utria Borges, 2004) en su investigación realizada empleando bioestimulantes, donde aplico concentraciones en el segundo y cuarto par de hojas verdaderas, encontró que influyo marcadamente en la etapa final del crecimiento de las plántulas de cafetos pero con valores medios en algunas variables como: la altura de la planta, diámetro del tallo y peso seco total. indicando que en general, se observó un desarrollo vigoroso de las plántulas de cafetos cuando fueron inhibidas en el bioestimulante, pero con tendencia a tener mejor comportamiento cuando se aplicó el mismo en el segundo par de hojas verdaderas. Conceptos que coinciden con los resultados alcanzados en la investigación.

## Conclusiones

Se evidencio a nivel de la evaluación del comportamiento fisiológico (contenido de nitrógeno) de café arábigo (*Coffea arábica*) a la aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero, que el nitrógeno presente en promedio de 2,68% en la materia seca, influye en la etapa de crecimiento (vivero) del café. Señalando que en esta etapa presentaron mejor respuesta la urea como testigo y el Humega entre los bioestimulantes.

En lo que respecta a la determinación del bioestimulante que incide en una mejor absorción de clorofila y su relación con el contenido de proteína (Nitrógeno), se definió que existe correlación con un 98% entre las dos variables. El estudio también determinó mediante un análisis de varianza que los mejores tratamiento a nivel de asimilación de clorofila fueron los manejados con micorriza y Starlite.

A nivel morfológico, donde se consideró el análisis de las variables diámetro de tallo, altura de planta, y número de hojas, como medio para la identificación del bioestimulante que proporciona mayor desarrollo morfológico en plántulas de café arábigo (*Coffea arábica*) en etapa de vivero. Fue necesario realizar una análisis de línea de tendencia a partir de medidas repetidas en el tiempo, que evidencio un desarrollo uniforme durante el tiempo del experimento, encontrándose solo diferencia estadísticas mediante prueba de significación, donde se visualiza mayor asimilación en el cuarto y quinto mes de edad de las plantas, observándose mejor respuesta con el urea y a nivel de bioestimulantes el ácido húmico, aunque las diferencias estadísticas no fueron significativas.

## **2.2. Comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42 60 en etapa de vivero, al tamaño de bolsa**

### **Resumen**

El desarrollo del estudio comportamiento morfológico del café arábigo en etapa de vivero, en respuesta al tamaño de bolsa, tuvo como metas la identificación de las características morfológicas del café en etapa de vivero, así como evaluar el comportamiento radicular de las plantas de café en etapa de vivero. Se utilizó el diseño completamente al azar, y en las medidas en el tiempo, se aplicó regresión lineal, las variables morfológicas que son parte de este estudio son: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), diámetro de hojas (DH), largo de hojas (LH), tamaño de raíz (TR), diámetro de raíz (DR), peso húmedo de raíz (PHR), peso seco de raíz (PSR). Los datos fueron tabulados en Excel, y su análisis se efectuó en el software estadístico Infostat. Los resultados de la investigación determinan diferencias estadísticas en las variables morfológicas AP, DT, NH, LH, DH, identificadas mediante la prueba de Tukey al 5 %. Concluyendo que el mejor tratamiento es de tamaño de bolsa 26,5 x 20 cm, lo que infiere a aceptar la hipótesis de investigación, determinando que el tamaño de bolsa si influye en el comportamiento del cafeto en etapa de vivero, pues estas permiten un desarrollo radicular adecuado, y se establece correlación positiva entre el desarrollo de la raíz y la parte aérea de la planta; ante lo cual se recomienda a los productores el uso de bolsas de medidas no menores a 26,5 x 20 cm.

### **Introducción**

En el Ecuador, el sector cafetalero tiene relevante importancia a nivel social y económico. La importancia social se relaciona con la generación de empleo directo para 105.000 familias como fuente de trabajo. En lo económico como aporte de divisas al Estado y la generación de ingresos para las familias cafetaleras y otros actores de la cadena productiva (COFENAC, 2011). Haciendo énfasis en la generación de empleos, con una producción cafetalera distribuida en 136385 hectáreas de café arábigo, se genera una cantidad considerable de mano de obra en las actividades, tanto de producción, como de otras adicionales, tales como: transportación, comercialización, procesamiento, industrialización y exportación del grano (INIAP, 2010).

El café es un cultivo cuya producción, comercialización, industrialización y exportación constituyen sectores importantes para la economía del Ecuador, por lo que el sector privado y público debe colaborar para lograr un desarrollo sustentable y mejorar las condiciones socioeconómicas de los ecuatorianos

dedicados a esta actividad. El café ecuatoriano se exporta actualmente a cerca de cincuenta países, entre los más importantes están los Estados Unidos, España, Chile, Alemania, Italia (INIAP, 2010).

Hay cuatro especies o grupos o formas principales, que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo (*C. arabica* L.), café robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner), café liberiano (*C. liberica* Mull ex Hiern), y café excelso (*C. excelsa* A. Chev.); además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas, que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales.

Los agricultores al construir los semilleros, generalmente no siguen las técnicas desarrolladas y recomendadas para obtener platas de excelente calidad, en lo que concierne al sustrato, ellos utilizan cualquier material que encuentran a su alrededor sin considerar la importancia de la materia orgánica, recurren a la fertilización química con lo cual se elevan los costos y contaminan el ambiente (Romero, Jimenez, & Muschler, 2000).

La UNESUM viene desarrollando un programa de investigación en café, del que se motivan varios proyectos. Siendo parte de ellos el proyecto “Manejo integral del suelo, agua y fertilidad en cafetales”, como parte de este proyecto se han motivado investigaciones en las que han participado estudiantes tanto de práctica pre profesional, vinculación y tesis, destacan los proyectos: “Comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42 60 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos” y “Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (*Coffea arabica*) en etapa de vivero”, este último dio la pauta para el desarrollo de nuevas investigaciones, cuyos resultados plantean mejoras en el manejo del café en etapa de vivero.

Diversos estudios señalan, que para el manejo adecuado del cultivo se debe empezar desde el establecimiento en el vivero, ya que para la instalación al campo se debe garantizar plantas de buena arquitectura, vigorosas desde la raíz y libres de plagas y enfermedades (Castellon, Muschler, & Jimenez, 2000).

Montecé, (2016), indica que la incorrecta preparación de almácigos, utilizando sistema de siembra inapropiado, semillas de mala calidad y cualquier material como sustrato, conllevan a obtener plantas con mala formación en el sistema radicular, lo cual se refleja en el desarrollo aéreo tanto del tallo, ramas y hojas. Un buen semillero debe proveer plantas de café vigorosas, esto se consigue con una buena preparación de sustrato, semilla de buena calidad, sistemas de siembra y manejo tecnológico adecuado.

La obtención de almácigos vigorosos de café (*Coffea arabica L.*) es uno de los pilares fundamentales en el establecimiento de los cultivos que pueden permanecer por más de 15 años en el campo. Entre los factores de éxito para lograr este objetivo está la adecuada nutrición de las plantas, la cual depende entre otros aspectos, de la selección apropiada de la dosis y la fuente de cada elemento (Sadeghian & Zapata, 2014). Las técnicas básicas usadas en la agricultura orgánica son de vital importancia, entre ellas destaca el uso de los abonos orgánicos para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas, cuyos beneficios generan un crecimiento vigoroso de raíces, follajes, floración y fructificación lo que permite a las plantas ganar mayor resistencia contra plagas y enfermedades (Aguilar Bravo & Villacis Junco, 2016).

El crecimiento de la raíz está limitado por el tamaño de la bolsa. Cuando la raíz toca el fondo de la bolsa se produce un doblamiento de ésta en forma de “L”, al que se le conoce como “cola de marrano”. Esta alteración en el crecimiento recto y en sentido vertical de la raíz tendrá efectos negativos en el anclaje de plantas adultas y en la absorción de nutrientes, causando raquitismo, y posiblemente un incremento a la sensibilidad de la planta a sequías. Una bolsa de 1,0 kg que le dé énfasis a la profundidad, permite un adecuado crecimiento de la raíz durante los primeros 4 meses. Si se planea mantener el almácigo por un período de hasta 6 meses, es necesario utilizar una bolsa de mayor capacidad, 2,0 kg aproximadamente (Gaitán, Villegas, Rivillas, Hincapié, & Arcila, 2011).

Con la investigación se ha planteado determinar el tamaño adecuado de la bolsa en la siembra del vivero, y la relación de esta con el desarrollo de la raíz, así como su comportamiento morfológico a nivel de altura d planta, diámetro de tallo, número y tamaño de hojas. Esta evaluación ha permitido discernir la importancia del manejo del vivero en el desarrollo del cafeto, generando importantes recomendaciones para el sector productivo cafetalero.

De acuerdo con lo señalado por Duicela (2016) a diciembre del 2014, se plantean los datos siguientes: superficie cosechada 140.000 ha; área de cafetales viejos 100.000 ha; productividad del café arábigo 231, 8 Kg/has; productividad del café robusta 250 Kg/has; 105 000 unidades de producción cafetaleras; producción nacional de 500 000 sacos de 60 kilos; consumo interno 200 000 sacos de 60 kilos; requerimiento de la industria 1'200 000 sacos de 60 kilos; capacidad instalada para exportación de café en grano 500 000 sacos de 60 kilos. Esto equivale a una necesidad de 1'900 000 sacos de 60 kilos, por tanto, el déficit de producto sería de 1'400.000 sacos de 60 kilos.

El café se produce en 20 de las 24 provincias del país lo cual denota la gran importancia socioeconómica del sector. Esta amplia distribución se presenta porque el Ecuador es uno de los 14 países, entre cerca de 70, que tiene producción mixta, es decir, cultiva las especies comerciales arábica (*Coffea arábica*) y robusta (*Coffea canephora*). Los arbustos arábigos se pueden encontrar desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altura (msnm) (De La Roza-Delgado, Martínez Fernández, & Argamentoría Gutiérrez, 2002)

Manabí es una de las provincias de mayor producción cafetalera del país, con alrededor del 40% del total de sacos de 60 kg producidos a nivel nacional. Según el III Censo Agropecuario existían en la provincia en el año 2000 alrededor de 100.000 hectáreas sembradas de café, 60.000 en cultivo solo y 40.000 en cultivo asociado. (ANECAFE, 2014). Es en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de mayo, Paján y Santa Ana, donde se concentra la producción de café en la provincia de Manabí.

La investigación planteó un estudio del comportamiento radicular y morfológico del cafeto en etapa de vivero, relacionando para tal efecto con el tamaño de bolsa, planeando como objetivo el asegurar plantas de alta calidad productiva, con un periodo productivo mucho más amplio. La variedad de café arábigo que se empleó para la investigación, fue el Sarchimor 4260, que por su resistencia a la roya es de las más utilizadas por el caficultor manabita.

Los beneficiarios de esta investigación serán los productores cafetaleros, quienes, por desconocimiento en el manejo, incurren en errores en la producción del café durante la etapa de vivero, provocando que esté cuenta con cultivos poco productivos, lo que a la postre afecte no solo la calidad del producto, sino también sus ingresos económicos.

Actualmente los pequeños y medianos productores cafetaleros del Cantón Jipijapa, presentan problemas de baja productividad, esto se debe en gran medida a la calidad de las plantas de café sembradas, lo que hace evidente el mal manejo de las plantas en los semilleros y particularmente en los viveros, utilizando bolsas de tamaño reducido tanto en el diámetro como del largo, pues el agricultor lo considera como un ahorro de material agrícola y mano de obra, dando de esta manera poca importancia al desarrollo radicular, ignorando que este es un factor preponderante en el futuro productivo de la planta.

El desconocimiento de esta problemática por parte del agricultor, propicia como ya menciono, que incurran en el error de utilizar fundas de tamaño reducido tanto en largo como en diámetro, lo que afecta al normal desarrollo

de la raíz en la etapa de vivero, afectando además el crecimiento aéreo tanto del tallo como de sus hojas (Montecé Cedeño, 2016).

Metodología utilizada

El trabajo de investigación se desarrolló en el cantón Jipijapa, en la Parroquia Fausto Morán, sector la Gangotena. Coordenadas:

1°20'00"S 80°35'00"O

### **Limites:**

- Al norte: con los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana.
- Al sur: con el Cantón Paján y la Provincia del Guayas.
- Al este: con los cantones 24 de Mayo y Paján.
- Al oeste: con el Océano Pacífico y el Cantón Puerto López.

### **Factores climáticos**

El clima de Jipijapa es un clima estepa local. A lo largo del año, con pocas precipitaciones. Este clima es considerado BSh según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es 23.7 ° C en Jipijapa. Precipitaciones aquí promedios 537 mm.

A una temperatura media de 24.8 ° C, marzo es el mes más caluroso del año. El mes más frío del año es de 22.6 ° C en el mes de julio. Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 123 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.2 ° C (climate-data.org, 2019).

Los materiales que se utilizaron en el desarrollo de la investigación, correspondieron a la construcción del vivero y las platabandas donde se ubicaron las bolsas llenas de sustrato de acuerdo a los tratamientos planteados en la investigación, así como también para llevar un manejo adecuado de riego y desarrollo foliar de las plantas, se destacan: balde, azadón, bomba de fumigar, machete y alicate, caña, cady, clavos, alambre, martillo, etc.

Además de estos materiales se emplearon equipos y suministros de oficina como computadora, impresora, grapadora, perforadora, papelería, entre los destacados. Es oportuno además indicar que se utilizaron tabla de campo, y equipos de precisión como cinta métrica, calibrador, balanza analítica.

Los materiales que se utilizaron en el desarrollo de la investigación, correspondieron a la construcción del vivero y las platabandas donde se ubica-

ron las bolsas llenas de sustrato de acuerdo a los tratamientos planteados en la investigación, así como también para llevar un manejo adecuado de riego y desarrollo foliar de las plantas, se destacan: balde, azadón, bomba de fumigar, machete y alicata, caña, cady, clavos, alambre, martillo, etc.

Además de estos materiales se emplearon equipos y suministros de oficina como computadora, impresora, grapadora, perforadora, papelería, entre los destacados. Es oportuno además indicar que se utilizaron tabla de campo, y equipos de precisión como cinta métrica, calibrador, balanza analítica.

### Factores en estudio

La investigación es de un factor, siendo este el tamaño de bolsa.

#### Factor A tamaño de bolsa

- B1. 23 x 10 (testigo)
- B2. 18,5 x 12
- B3 20 x 16
- B4. 26,5 x 20

### Tabla 2.8.

*Tratamientos.*

Tamaño de bolsa	Código	Repeticiones
23 x 10 cm (testigo)	F1. B1	10
18,5 x 12 cm	F1. B2	10
20 x 16 cm	F1. B3	10
26,5 x 20 cm	F1. B4	10

### Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental completamente al Azar. (Gabriel, Castro, Valverde, & Indacochea, 2017)



**Tabla 2.9.**

*Características del experimento.*

<b>Delineamiento experimental</b>	
Unidades o parcelas experimentales	: 80
Número de repeticiones	: 10
Número de tratamientos	: 4
Número de plantas por unidad experimental	: 2
Número de plantas por tratamiento	: 20
Número de plantas evaluadas en parcela útil	: 80

### **Análisis estadístico**

De acuerdo al análisis estadístico expuesto en el diseño experimental, se aplicó el siguiente análisis de varianza:

**Tabla 2.10.**

*Análisis de varianza.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Tratamientos	3 (t-1)
Error	36 (t) (r-1)
Total	39 (t r -1)

De igual manera se realizó el respectivo análisis de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson, pensado para variables cuantitativas (escala mínima de intervalo), es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente, a fin de determinar las relaciones entre variables morfológicas y el comportamiento radicular.

### **Análisis funcional**

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de tukey al 0,05% de probabilidades.

### **Coefficiente de variación**

El coeficiente de variación se utilizó tomando en consideración la siguiente formula:

$$C. V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

## Variables a ser evaluadas

**OE1.** Identificar las características morfológicas del café en etapa de vivero, con respecto a la interacción fertilizante tamaño de bolsa.

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Número de hojas
- Diámetro de hojas
- Largo de hojas

**OE2.** Evaluar el comportamiento radicular de las plantas de café en etapa de vivero, en función a los diferentes tamaños de bolsas.

- Longitud de raíz
- Diámetro de raíz
- Peso húmedo de raíz
- Peso seco de raíz
- Humedad

**OE3.** Realizar un costo de producción de cada uno de los tratamientos realizados.

Se efectuó un análisis de los costos por cada uno de los tratamientos.

## Manejo específico de la investigación

**Construcción de semillero.** Se construyó un semillero, cuyas dimensiones fueron 1 metro de ancho por 1 metro de largo. Se lo hizo en el suelo y para esto se profundizó 20 cm, se agregó arena de río en un 80 %, con el fin de garantizar el buen desarrollo de la raíz a la germinación.

Se desinfectó con Talón fungicida TALON 72 SC, evitando de esta manera problemas de damping off o mal del semillero.

**Selección de la semilla.** Se seleccionó semilla del cafetal del Ing. Juan Quimís, quien cuenta con cafetos de Sarchimor 42 60, de ensayos con el COFENAC.

Se remojo las semillas por 48 horas, y luego se procedió a eliminar los caracoles y triángulos, así como semillas deformes. La siembra se realizó en líneas y se sembró la semilla hacia abajo y cada cm.

**Construcción del vivero.** Se realizó la construcción de un vivero con caña guadua donde se ubicaron las platabandas y de esta manera se ubicaron las bolsas llenas con sustratos.

**Recolección de sustratos para elaborar la mezcla.** Se preparó un sustrato adecuado que cumpla con todas las exigencias de textura y fertilidad del suelo.

El sustrato se prepara con 70% de materia vegetal (tierra de cafetal), 20% de humus y el 10% de estiércol de ganado.

**Desinfección del sustrato.** Se realizó la desinfección del área con el fungicida TALON 72 SC haciendo una preparación de 10 litros de agua, se aplicó al suelo este producto para controlar hongos.

**Llenado de bolsas.** Una vez preparado el sustrato y desinfectado se procedió al llenado de bolsas con la finalidad de ser ubicadas en las diferentes platabandas.

Es oportuno indicar que las bolsas se llenaron de acuerdo al tamaño dispuesto en la investigación, respetando cada uno de los tratamientos.

**Control de malezas.** Esto se lo realizará de manera manual de acuerdo a la presencia de estas en las bolsas utilizadas en el ensayo.

**Fertilización de plantas en vivero.** Se utilizó 1 gramo x litro de agua NUTRIGOLD® 9 - 45 - 15 + MICROELEMENTOS, (cada 8 días luego cada 15 y así sucesivamente durante todo el ensayo)

Se utilizó 5 gramos de micorriza en 5 litros (se aplicó una sola vez, al llenado de las bolsas).

**Riego.** El semillero se regó cada 2 o 3 días según la necesidad, este se tapó con plástico negro, hasta la fecha de germinación.

El riego de las fundas una vez realizado el trasplante se efectuó cada 2 días, y se lo efectuó con una regadera.

**Toma de datos.** Los datos se tomaron cada 28 días, realizando esta práctica en 4 ocasiones durante todo el ensayo.

**Variables medidas en laboratorio.** Las raíces fueron pesadas y medidas en el laboratorio de bromatología de la Universidad Estatal del sur de Manabí.

Las variables medidas, fueron diámetro de raíz, largo de raíz, peso húmedo, peso seco y humedad. Se utilizaron para aquello, equipos de laboratorio como la balanza analítica de cuatro dígitos, la estufa, el desecador, se utilizó además instrumentos de medición como la regla graduada, calibrador vernier.

**Determinación de humedad.** Para determinar la humedad se procedió a tarar las bandejas de aluminio, luego se pesó la raíz húmeda, los datos se anotaban en una libreta para en lo posterior anotar en la base de datos en Excel; luego se lleva a la estufa, donde se dejó a una temperatura de 80° C, por un tiempo de 24 horas.

Cumplido el tiempo se volvió a pesar las raíces secas, anotando los datos para su posterior tabulación. Realizada esta labor, se aplicó una regla de tres para la obtención de la humedad.

### Resultados experimentales

Los resultados estadísticos obtenidos de la presente investigación, determinan el comportamiento morfológico del cultivo de café durante la etapa de vivero, al tamaño de bolsa.

Los datos inicialmente son analizados a fin de establecer su normalidad y por ende justificar la utilización del diseño experimental propuesto. En este sentido se aprecia que los datos obtenidos del trabajo de campo (**Tabla 2.11**), son normales. El análisis se efectuó a partir de todos los tratamientos y con diferentes variables.

Es oportuno indicar que se utilizó para la tabulación de los datos, el office Excel y para la aplicación del diseño experimental y las correlaciones de Pearson el software estadístico Infostat.

**Tabla 2.11.**

*Análisis de normalidad.*

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
T 18,5x12	Largo hojas	10	14,1	0,74	13,5	15,5	0,87	-0,84
T 18,5x12	Ancho hojas	10	6,12	0,38	5,5	6,5	-0,8	-0,79
T 18,5x12	Largo raíz	10	14,4	0,97	13	15	-1,04	-1,24
T 20x16	Largo hojas	10	12,4	1,33	11	14,5	0,62	-0,99
T 20x16	Ancho hojas	10	5,73	0,55	5,2	6,5	0,47	-1,59
T 20x16	Largo raíz	10	15,45	2,61	13	19	0,65	-1,42

T 23x10 (tg)	Largo hojas	10	13,2	1,25	11,5	15	0,01	-1
T 23x10 (tg)	Ancho hojas	10	5,87	0,41	5,2	6,2	-1	-0,97
T 23x10 (tg)	Largo raíz	10	11,9	2,81	7	15	-1,08	-0,33
T 23x10 (tg)	N de Hojas	10	14,4	0,7	14	16	1,66	0,61
T 26,5x20	Largo hojas	10	16,25	1,59	13	17	-1,8	0,35
T 26,5x20	Ancho hojas	10	8	0,98	6,2	9	-1,51	0,01
T 26,5x20	Largo raíz	10	12,8	1,36	11	15	0,53	-0,54

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

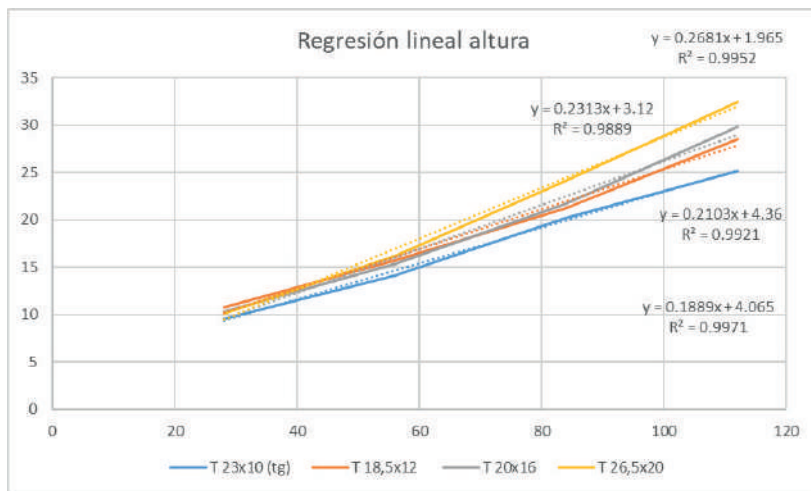
Identificar las características morfológicas del café en etapa de vivero, con respecto a la interacción fertilizante tamaño de bolsa.

Las características morfológicas se expresaron en función al análisis de las siguientes variables: Altura de planta, Diámetro de tallo, Numero de hojas, Diámetro de hojas, Largo de hojas.

**Variable altura de planta.** El análisis de la variable altura, implicó un estudio de medidas repetidas en un tiempo de 4 meses, ante lo cual se toma la decisión de efectuar un análisis de regresión lineal, para en lo posterior efectuar el ANOVA, que, para este caso, se escogió el diseño completamente aleatorio.

**Figura 2.9.**

*Regresión lineal altura.*



Como se parecía en el gráfico, todos los tratamientos presentan un comportamiento similar en el tiempo, sin embargo, el tratamiento T 26,5 x 20, expresa diferencias, mismas que se determinan en el ANOVA, que se plantea en la **Tabla 2.12.**

Para esta representación gráfica del análisis de regresión en los 4 meses, se tomaron las medias generales, sin embargo, para el estudio de varianza se consideraron los datos mensuales, trabajándose para tal efecto con el valor de “y”; de tal manera que las diferencias expresadas demuestran el comportamiento en el tiempo de la variable altura.

**Tabla 2.12.**

*ANOVA altura de planta.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	29,58	9,86	5,07	0,0063
Error	28	54,46	1,94		
Total	31	84,04			

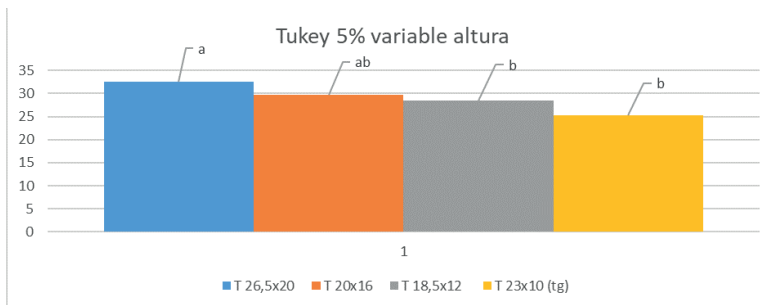
**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

Se evidencia diferencias estadísticas entre tratamientos  $p < 0,05$ , estableciendo diferencias altamente significativas, aceptando la  $H_1$  con el 99% de

confianza. Estas diferencias se definen mediante la prueba de tukey al 5 %, determinándose como mejor tratamiento el T 26,5 x 20, tal como se apreció en la regresión lineal.

**Figura 2.10.**

*Tukey al 5 % variable altura.*



**Variable diámetro de planta.** Los resultados obtenidos con respecto al diámetro de tallo, determinan diferencia estadística entre tratamientos,  $p < 0,05$ , tal como se observa en la **Tabla 2.13**, aceptando la  $H_1$ , con el 99% de confianza.

**Tabla 2.13.**

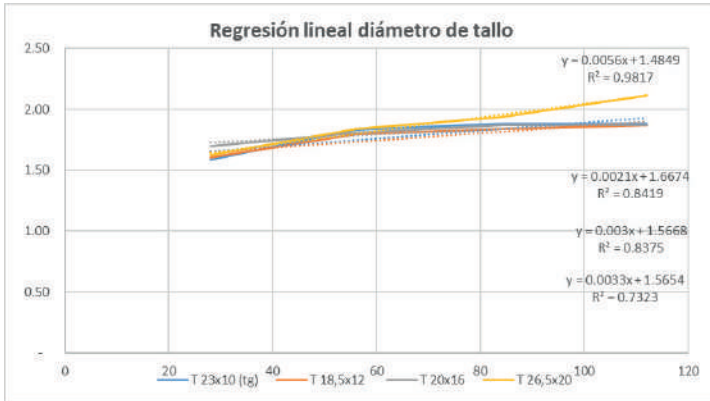
*ANOVA variable diámetro de tallo.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	0,08	0,03	6,45	0,0019
Error	28	0,12	4,30E-03		
Total	31	0,21			

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador

**Figura 2.11.**

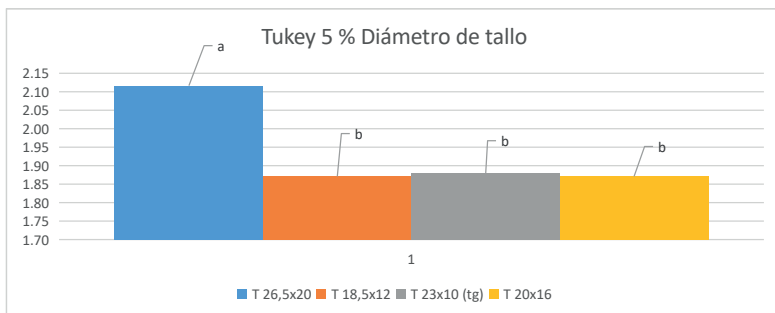
*Regresión lineal diámetro de tallo.*



Al igual que la variable altura de planta, también se tomaron datos en el tiempo, durante cuatro meses, lo me motivo la aplicación de regresión lineal (**Figura 2.11**), para esto se trabajó con las medias mensuales, posteriormente y toda vez que se observa diferencia, se procedió con la aplicación del ANOVA, donde se ratifica la diferencia estadista, situación que dio lugar a la aplicación de la prueba de significación de Tukey 0,05 como se observa en el **Figura 2.12**.

**Figura 2.12.**

*Prueba de Tukey al 5 % variable diámetro de tallo.*



Como se observa en el gráfico, el tratamiento T 26,5x20, el que mejor comportamiento morfológico tiene a nivel de diámetro de tallo, lo que indica que, a mayor tamaño de bolsa, mejor es la respuesta de la planta, además justifica el empleo de agricultura ecológica.



**Variable número de hojas por planta.** – Esta variable se analizó al final del ensayo, se pudo observar durante la práctica que no era pertinente un análisis en el tiempo. La aplicación del ANOVA determinó diferencias altamente significativas  $p < 0,01$ , aceptando la hipótesis de investigación.

**Tabla 2.14.**

*ANOVA de variable número de hojas.*

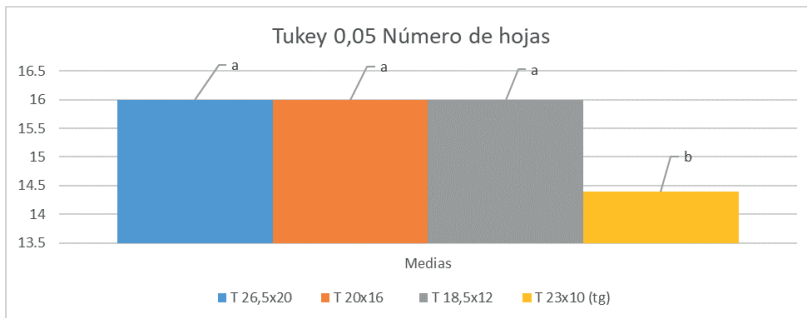
F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	19,2	6,4	52,36	<0,0001
Error	36	4,4	0,12		
Total	39	23,6			

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

El resultado obtenido del ANOVA, motivo la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 %, determinando que los tratamientos a los que se les aplicó micorriza, dieron una mejor respuesta que el testigo.

**Figura 2.13.**

*Tukey al 5 % variable número de hojas.*



**Variable largo de hojas.** – Al igual que la variable anterior, se tomaron los datos al final del ensayo, el análisis del ANOVA determinó diferencias altamente significativas  $p < 0,01$  (**Tabla 2,15**), por lo que se acepta la  $H_1$  con el 99 % de confianza, los tratamientos son diferentes entre sí.

**Tabla 2.15.**

*ANOVA Largo de hojas.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	82,72	27,57	17,26	<0,0001
Error	36	57,53	1,6		
Total	39	140,24			

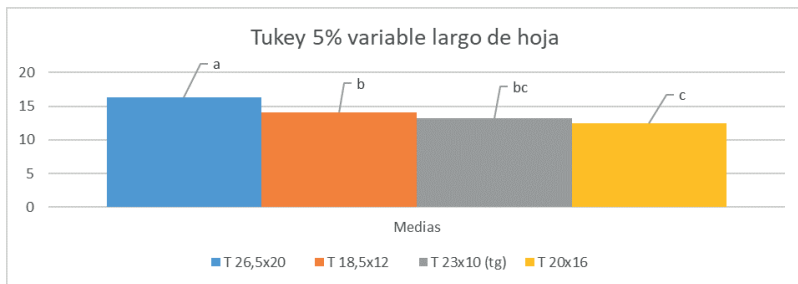
**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La diferencia estadística dio lugar a la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 % (**Figura 2.14**), el resultado de la prueba establece que el tratamiento T 26,5 x 20, es el que mejor respuesta morfológica tiene frente al estudio realizado.

Los tratamientos que siguen en su orden son: T 18,5 x 12, Testigo, T 20 x 16, esto nos lleva a deducir que tamaño de bolsa es impórtate, así como el uso de micorriza para la producción de plantas de café en vivero.

**Figura 2.14.**

*Tukey al 5 % variable, largo de hoja.*



**Variable ancho de hoja.** – Los datos se tomaron al final del ensayo, realizada la aplicación del ANOVA, se determina alta significación  $p < 0,01$  (**Tabla 2.16**), estableciendo diferencias entre tratamientos, y por tanto descartando la  $H_0$ .

**Tabla 2.16.**

*ANOVA variable ancho de hoja.*

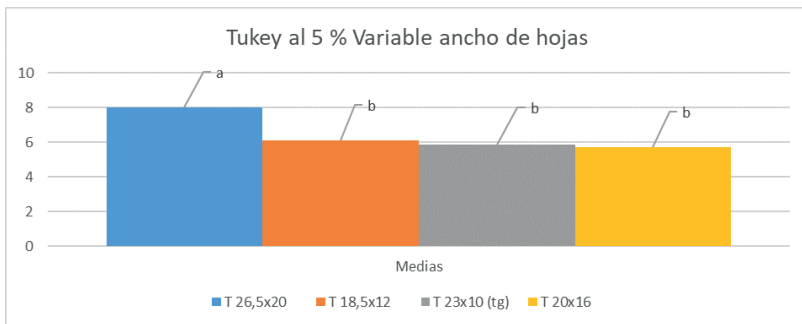
F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	33,65	11,22	28,52	<0,0001
Error	36	14,16	0,39		
Total	39	47,8			

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 %, determina que el mejor tratamiento es el T 26,5 x 20.

**Figura 2.15.**

*Tukey 5 %, Variable ancho de hojas.*



**Resultados generales del comportamiento morfológico del café Sarchimor 42 60, a los 4 meses de manejo en vivero.**

A continuación, se presentan los análisis de varianza, realizados con los datos tomados al final del proceso investigativo.

**Tabla 2.17.**

*Comportamiento morfológico de tratamientos.*

Tratamiento	Altura	Diámetro tallo	Número de hojas	Largo de hojas	Diámetro de hojas
T 26,5x20	32, 5 <sup>a*</sup>	2, 12 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	16, 25 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
T 20x16	29,8 <sup>ab</sup>	1,88 <sup>b</sup>	16 <sup>a</sup>	14,1 <sup>b</sup>	6,12 <sup>b</sup>

T 18,5x12	28,55 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	16 <sup>a</sup>	13,2 <sup>b</sup>	5,87 <sup>b</sup>
T 23x10 (tg)	25,2 <sup>c</sup>	1,87 <sup>b</sup>	14,4 <sup>b</sup>	13,2 <sup>c</sup>	5,73 <sup>b</sup>

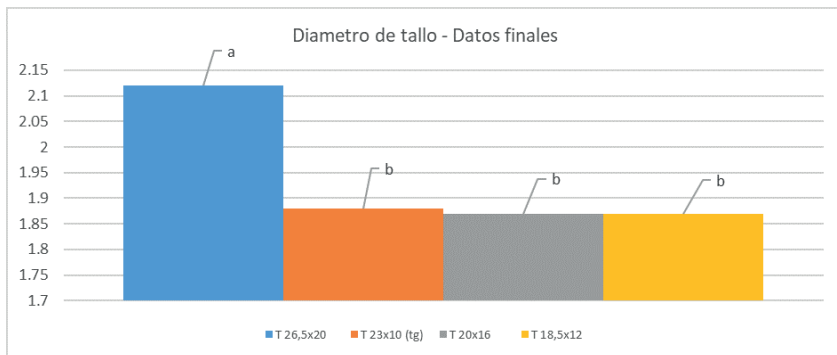
**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

\*Resultado de la prueba de significancia de Tukey al 5%.

Se plantean estos resultados, que ratifican el comportamiento morfológico de las plantas de café Sarchimor 42 60 a los distintos tratamientos, debido a que definen la importancia que tiene el tamaño de fundas en la conducta agronómica de las plantas, de igual manera y aunque amerite realizar nuevos experimentos, se aprecia que el manejo ecológico empleando micorrizas al momento del trasplante del semillero a las fundas influye en el desarrollo del café, por lo que estas serían importantes durante el manejo del cultivo.

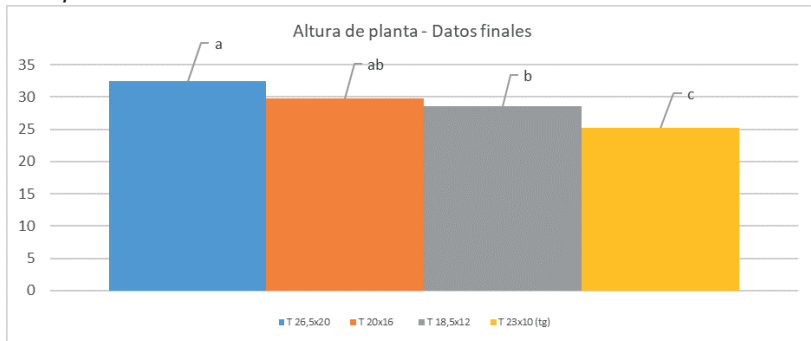
**Figura 2.16.**

*Diámetro de tallo.*



**Figura 2.17.**

*Altura de planta.*



Evaluar el comportamiento radicular de las plantas de café en etapa de vivero, en función a los diferentes tamaños de bolsas.

El ensayo plateó las variables: longitud de raíz, Diámetro de raíz, Peso húmedo de raíz, Peso seco de raíz, como alternativas de medición, que permitan inferir sobre el comportamiento morfológico de la raíz de los diferentes tratamientos, sobre la variable independiente.

**Variable, Longitud de raíz.** Una vez que se culminó con el ensayo, se sacaron de las bolsas las plantas para realizar las medidas respectivas, en este sentido se tomó datos de cada tratamiento.

En lo que respecta al largo de la raíz, estas presentaron variabilidad entre tratamiento  $p < 0,01$ , en el ANOVA, por lo que se acepta la  $H_1$ , con el 99 % de confianza (**Tabla 2.18**), lo que dio lugar a la aplicación de una prueba de significación.

**Tabla 2.18.**

*ANOVA variable tamaño de raíz.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	150,73	50,24	17,14	<0,0001
Error	36	105,55	2,93		
Total	39	256,28			

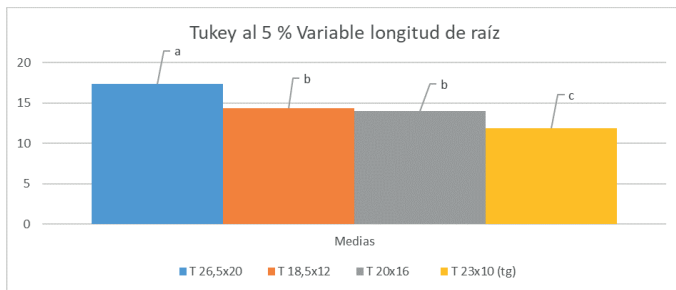
**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La prueba de significación de tukey al 5 %, determina un mejor comportamiento en el tratamiento T 26,5 x 20, seguido del tratamiento T 18,5 x 12, y el

tratamiento T 20 x 16, quedando al final el tratamiento testigo. Estos resultados indican que el tamaño de bolsa si incide en el lago de la raíz, así como también incide la aplicación de micorriza.

**Figura 2.18.**

*Tukey 5 %, variable longitud de raíz.*



**Variable diámetro de raíz.** En lo que respecta al diámetro de la raíz, estas presentaron variabilidad entre tratamiento  $p < 0,01$ , en el ANOVA, por lo que se acepta la HI, con el 99 % de confianza (**Tabla 2.19**), lo que dio lugar a la aplicación de la prueba de significación de tukey.

**Tabla 2.19.**

*ANOVA Diámetro de raíz.*

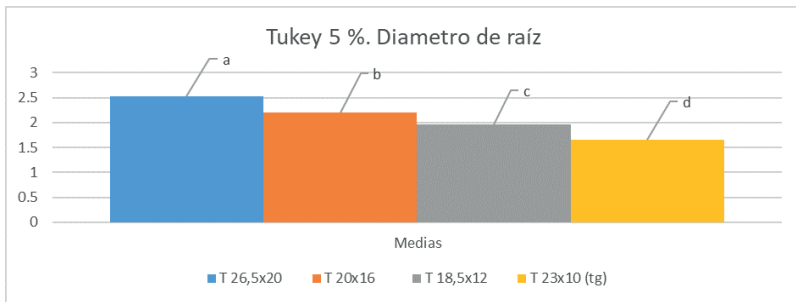
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,18	3	1,39	35,89	<0,0001
Error	1,4	36	0,04		
Total	5,58	39			

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La prueba de significación de Tukey al 5 %, determina un mejor comportamiento en el tratamiento T 26,5 x 20, seguido del tratamiento T 20 x 16, y el tratamiento T 18,5 x 12, quedando al final el tratamiento testigo. Estos resultados indican que el tamaño de bolsa si incide en el diámetro de la raíz, así como también incide la aplicación de micorriza.

**Figura 2.19.**

*Tukey 5 % Diámetro de raíz.*



**Variable peso húmedo de raíz.** – Los datos analizados mediante la aplicación del ANOVA, determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos,  $p$ -valor  $< 0.01$  (**Tabla 2.20**), aceptando la de investigación con el 99% de confianza, infiriendo que al menos dos tratamientos guardan diferencias estadísticas, situación que motivo la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5%.

**Tabla 2.20.**

*ANOVA peso húmedo de raíz.*

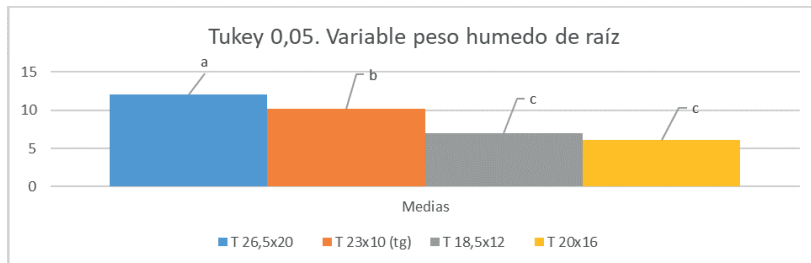
F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	228,22	76,07	35,12	<0,0001
Error	36	77,98	2,17		
Total	39	306,2			

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La prueba de Tukey al 5 %, establece que el tratamiento T 26,5x20, es diferente estadísticamente al resto de tratamientos, expresando mayor peso de raíz húmeda, lo que guardaría sentido, en el hecho de ser de mayor tamaño y diámetro que el resto de tratamientos, lo que sostiene la hipótesis que a mayor diámetro y fondo de bolsa existe una mejor respuesta morfológica de la raíz.

**Figura 2.20.**

*Tukey 5 % Peso húmedo de raíz.*



**Variable peso seco de raíz.** Los resultados del análisis de varianza, ratificaron lo efectuado con el peso húmedo de la raíz, expresando diferencias estadísticas entre tratamientos p-valor, menor a 0,01 (**Tabla 2.21**), lo que motiva la aplicación de la prueba de significación de Tukey a fin de establecer el tratamiento me mejor comportamiento morfológico.

**Tabla 2.21.**

*ANOVA peso seco de raíz.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	13,05	4,35	35,14	<0,0001
Error	36	4,46	0,12		
Total	39	17,51			

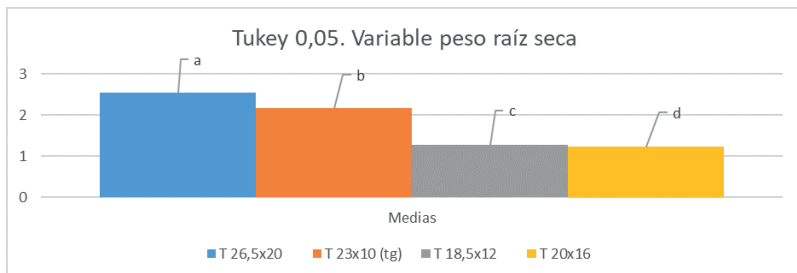
**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

La prueba de Tukey al 5 %, determina estadísticamente que el tratamiento T 26x20, presenta una respuesta más alta con relación al peso, ratificando lo propio con el peso húmedo de la raíz.



### Figura 2.21.

Tukey 5 % Peso seco de raíz.



**Correlación de Pearson entre variables.** La correlación es en esencia una medida normalizada de asociación o covariación lineal entre dos variables cuantitativas continuas. Esta medida o índice de correlación  $r$  puede variar entre  $-1$  y  $+1$ , ambos extremos indicando correlaciones perfectas, negativas y positivas respectivamente. Un valor de  $r=0$  indica que no existe relación lineal entre las dos variables. Una correlación positiva indica que ambas variables varían en el mismo sentido. Una correlación negativa significa que ambas variables varían en sentidos opuestos (Vinuesa, 2016).

La **Tabla 2.22** establecen las correlaciones entre variables, tanto positivas como negativas, destacando las correlaciones negativas entre peso de raíz seco y húmedo, con diámetro de tallo y la correlación positiva entre las variables, largo de raíz con ancho de hojas y largo de hoja, y en este mismo sentido el diámetro de raíz con respecto al número de hojas y al largo de raíz.

Lo expuesto en las tablas de correlación ratifican la respuesta morfológica del cultivo de café Árábigo, Sarchimor 42 60, en etapa de vivero, con relación al tamaño de bolsa, haciéndose en determinada medida eco de lo expuesto en el análisis de varianza, donde se establece que, a mayor tamaño de bolsa, mejor es la respuesta morfológica del cultivo.

**Tabla 2.22.**

*Correlación de Pearson.*

Variables	Largo hojas	Ancho hojas	Longitud Raíz	N de Hojas	Diámetro Raíz	Peso raíz húmedo	Peso raíz seco	Humedad	Altura	Diámetro de tallo
Largo hojas	1									
Ancho hojas	0,92	1								
Longitud Raíz	0,42	0,57	1							
N de Hojas	0,29	0,3	0,43	1						
Diámetro Raíz	0,24	0,38	0,7	0,56	1					
Peso raíz húmedo	0,43	0,5	0,33	-0,26	0,23	1				
Peso raíz seco	0,4	0,48	0,27	-0,31	0,19	0,98	1			
Humedad	-0,07	-0,15	0,08	0,37	0,02	-0,47	-0,62	1		
Altura	-0,3	-0,4	-0,32	-0,19	-0,35	-0,24	-0,26	0,19	1	
Diámetro de tallo	-0,54	-0,54	-0,3	-0,22	-0,41	-0,54	-0,51	0,12	0,2	1

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

En la **Tabla 2.23**, se puede apreciar el análisis de correlación de Pearson a partir del p-valor, indicador que ratifica los espacios de correlación entre variables. Aunque se aprecia determinadas correlaciones positivas como: Lago de hojas con las variables peso seco y húmedo de raíz, así como con el largo de la raíz.

De igual manera ratifica la alta significación entre las variables: Ancho de hojas y las variables largo de raíz, diámetro de raíz, con el peso seco y húmedo de raíz, así como con el diámetro de tallo (Este último presenta correlación negativa).

El largo de raíz se encuentra relacionada con las variables: número de hojas, diámetro raíz, peso de raíz húmeda y negativamente con altura de planta.

En lo que respecta al diámetro de raíz se aprecia correlación negativa con las variables diámetro de tallo y altura de planta.

En lo referente al peso de las raíces en estado húmedo, se aprecia relación solo con peso seco y humedad (Negativa). Y las variables peso seco, con humedad y diámetro de tallo, estos últimos de manera negativa.

**Tabla 2.23.**

*Correlación de Pearson con p-valor.*

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Largo hojas	Ancho hojas	40	0,92	<0,0001
Largo hojas	Longitud Raíz	40	0,42	0,0073
Largo hojas	N de Hojas	40	0,29	0,0675
Largo hojas	Diámetro Raíz	40	0,24	0,1402
Largo hojas	Peso raíz húmedo	40	0,43	0,0054
Largo hojas	Peso raíz seco	40	0,4	0,0099
Largo hojas	Humedad	40	-0,07	0,6499
Largo hojas	Altura	40	-0,3	0,0644
Largo hojas	Diámetro de tallo	40	-0,54	0,0003
Ancho hojas	Longitud Raíz	40	0,57	0,0001
Ancho hojas	N de Hojas	40	0,3	0,0599
Ancho hojas	Diámetro Raíz	40	0,38	0,0148
Ancho hojas	Peso raíz húmedo	40	0,5	0,001
Ancho hojas	Peso raíz seco	40	0,48	0,0019
Ancho hojas	Humedad	40	-0,15	0,3541
Ancho hojas	Altura	40	-0,4	0,0096
Ancho hojas	Diámetro de tallo	40	-0,54	0,0003
Longitud Raíz	N de Hojas	40	0,43	0,0051
Longitud Raíz	Diámetro Raíz	40	0,7	<0,0001
Longitud Raíz	Peso raíz húmedo	40	0,33	0,0348
Longitud Raíz	Peso raíz seco	40	0,27	0,0888
Longitud Raíz	Humedad	40	0,08	0,6398
Longitud Raíz	Altura	40	-0,32	0,0436
Longitud Raíz	Diámetro de tallo	40	-0,3	0,0576
N de Hojas	Diámetro Raíz	40	0,56	0,0002
N de Hojas	Peso raíz húmedo	40	-0,26	0,0987
N de Hojas	Peso raíz seco	40	-0,31	0,0536
N de Hojas	Humedad	40	0,37	0,0197
N de Hojas	Altura	40	-0,19	0,2372
N de Hojas	Diámetro de tallo	40	-0,22	0,1669
Diámetro Raíz	Peso raíz húmedo	40	0,23	0,1456

Diámetro Raíz	Peso raíz seco	40	0,19	0,2281
Diámetro Raíz	Humedad	40	0,02	0,8893
Diámetro Raíz	Altura	40	-0,35	0,0271
Diámetro Raíz	Diámetro de tallo	40	-0,41	0,0092
Peso raíz húmedo	Peso raíz seco	40	0,98	<0,0001
Peso raíz húmedo	Humedad	40	-0,47	0,0023
Peso raíz húmedo	Altura	40	-0,24	0,1316
Peso raíz húmedo	Diámetro de tallo	40	-0,54	0,0003
Peso raíz seco	Humedad	40	-0,62	<0,0001
Peso raíz seco	Altura	40	-0,26	0,1041
Peso raíz seco	Diámetro de tallo	40	-0,51	0,0008
Humedad	Altura	40	0,19	0,2341
Humedad	Diámetro de tallo	40	0,12	0,4498
Altura	Diámetro de tallo	40	0,2	0,2248

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

Realizar un costo de producción de cada uno de los tratamientos realizados.

Se efectuó un análisis de costos unitarios (**Tabla 2.24**), en el que se determina que el costo de producción de cada planta varía según los tratamientos, siendo el de mayor costo el tratamiento 26,5 x 20 cm, con un valor de 1,12 dólares/planta y el más económico el tratamiento testigo cuya bolsa es de 23x10 cm.

Es oportuno señalar que el costo unitario resulta más alto que en cualquier vivero comercial, debido a que se produjo un número pequeño de plantas, sin embargo, el análisis es oportuno porque establece una mayor inversión a mayor tamaño de funda, y para determinar si vale la pena correr el riesgo, es oportuno realizar investigaciones complementarias, donde se pueda evidenciar diferencias a nivel productivo.

**Tabla 2.24.**

*Costo de producción unitario.*

Productos e insumos utilizados en vivero	Testigo 23x10cm	Tratamiento 18,5x12cm	Tratamiento 20x16cm	Tratamiento 26,5 x 20cm
Fundas de polietileno (100 fundas)	3,5	3,3	3,6	4,2
Talón Fungicida (500 g)	1	1	1	1
Abono foliar	0	1,5	1,5	15
Micorriza	1	1	1	1
Sustrato	4	3,5	4	4,5
Semilla	2	2	2	2
Manejo (Mano de obra)	10	10	10	10
Total	21,5	22,3	23,1	24,2
Número de plantas por tratamiento	20	20	20	20
Costo x planta	1,075	1,115	1,155	1,21

**Elaborado por:** Leandro López, estudiante investigador.

### Discusión

Los resultados morfoestructurales a nivel de altura, diámetro de tallo, número de hojas, diámetro y largo de hojas, expresan diferencias entre tratamientos, determinando que el tratamiento cuyo tamaño de bolsa es de 26,5 x 20, es el que presenta los mejores resultados, determinando que el tamaño de bolsa incide en este comportamiento, situación que es validada por (Arizaleta & Pire, 2008), quien encuentran diferencias entre tratamientos, probando diferentes tamaños de fundas, aunque en su caso el mayor tamaño y con mejores resultados fue el tamaño de bolsa 18 x 23.

El crecimiento de la raíz fue diferente estadísticamente entre tratamientos, observándose mejor respuesta a nivel de todas las variables medidas, largo y diámetro de raíz y peso seco y húmedo. Aspectos corroborados por (Alejo Palacios & Reyes Calva, 2014), quien cita que a mayor tamaño del recipiente mejor será la calidad de la plántula, ya que existe mayor disponibilidad de nutrientes disponible para la plántula y además se puede mantener mayor tiempo en la fase de vivero.

En esta investigación el recipiente es de 12.5 x 20cm, desconociendo la recomendación de 7x8 pulgadas dada por Duicela *et al*, (2004), quien indica que estas bolsas de mayor tamaño pueden ser usadas para la multiplicación

de plantitas de café en el vivero, aunque mencionó que siempre es oportuna la disponibilidad la tierra, y la mano de obra y el tiempo que se planea mantener las plantas en el vivero, lo cual es de tomar en cuanta y para eso habría que profundizar en costos de producción, la funda con mejores resultados fue de 10 x 8 pulgadas, coincidiendo en el sentido que el tamaño de funda es realmente importante.

Además, es oportuno indicar que el promedio alcanzado de longitud de raíz fue de 17,5 cm, en cuatro meses, frente a 19,93 cm en seis meses, del estudio realizado por Alejo y Reyes, lo que podría indicar que la profundidad de la funda debe superar los 20 cm, para evitar que este se vea afectada en su desarrollo, en este sentido Gaitán *et al*, (2011) recomienda, que si se planea mantener el almácigo por un período de hasta 6 meses, es necesario utilizar una bolsa de mayor capacidad, 2,0 kg aproximadamente, evitando limitar el crecimiento de la raíz por el tamaño de la bolsa, citando que una raíz en L es defectuosa y provocaría efectos negativos en el anclaje de plantas adultas, propiciando inadecuada absorción de nutrientes.

Es necesario perfeccionar los procesos de selección y manejo de plantas de café, para su adecuado desarrollo en las etapas de climatización (en vivero), debido a que a nivel de campo se ha observado mortalidad que se presume está asociada a problemas del sistema radical (Echeverría, Barquero, & Rodríguez, 2014).

El estudio determinó correlaciones positivas entre variables, destacando las correlaciones negativas entre peso de raíz seco y húmedo, con diámetro de tallo y la correlación positiva entre las variables, largo de raíz con ancho de hojas y largo de hoja, y en este mismo sentido el diámetro de raíz con número de hojas y al largo de raíz, ratificando la respuesta morfológica del cultivo de café arábigo, Sarchimor 42 60, en etapa de vivero, con relación al tamaño de bolsa. Arizaleta y Pire (2008), indica que la longitud y biomasa de la raíz contribuyeron al crecimiento de la parte aérea de la planta y en sus índices morfológicos. Indica además que la influencia de la longitud y biomasa de la raíz se atribuye a la capacidad que le confiere a la planta para absorber agua y minerales, concluyendo que existe relación entre la longitud de la raíz en los tres tamaños de bolsa, coincidiendo con los resultados alcanzados en la presente investigación.

## Conclusiones

La investigación determinó que el tamaño de bolsa, inciden en las características morfológicas el café Sarchimor 42 60 en etapa de vivero, de tal ma-

nera que se establece que entre más grande es la bolsa, mejor es la respuesta de la planta en sus actitudes agronómicas, tales como altura, diámetro de tallo, número de hojas, diámetro y largo de hojas. Estableciéndose por otro lado que la fertilización es pertinente y en función al requerimiento de la planta.

En lo concerniente al estudio sobre el efecto de los diferentes tamaños de bolsas frente al comportamiento radicular de las plantas de café Sarchimor 42 60 en etapa de vivero, se determinó, que, sí incide el tamaño de la bolsa, definiendo como mejor tratamiento al T 26,5 x 20 cm, frente al resto de tratamientos de menor medida, se ratificó en todo caso que es oportuno el uso de fundas de este tamaño. Las variables medidas fueron: Longitud de raíz, diámetro de raíz, peso húmedo, peso seco y humedad. Se observó a mayor tamaño de funda, mayor es el volumen de la raíz, deduciendo una mejor adsorción de nutrientes, mismo que se evidencia en el desarrollo radicular de la planta.

En análisis de costos determina mayor costo de producción por planta, a mayor tamaño de bolsa, lo cual tiene sentido ante el hecho que esto implica más mano de obra por el llenado de fundas, así más cantidad de sustrato. El estudio no implica costo de venta, sin embargo, es evidente la diferencia entre plantas, observándose mayor tamaño en el tratamiento T 26,5 x 20 cm. Sin dudas investigaciones complementarias, podrían despejar dudas a nivel productivo, sin embargo, determinadas experiencias, establecen mejores rendimientos.

## **2.3. Evaluación morfológica en etapa de vivero de dos híbridos de café arábigo (Coffe arábica), a la inclusión de abonos orgánicos en el sustrato**

### **Resumen**

La investigación planteó como objetivos; el determinar la respuesta morfológica de los híbridos de café en etapa de vivero, a la aplicación de sustratos, se evaluó el comportamiento de la raíz y se estimó económicamente cada tratamiento. La metodología fue experimental, utilizando un diseño aleatorio con arreglo factorial 4x2, siendo el factor A, los sustratos, y el factor B, de los híbridos de café arábigo, Sarchimor 42 60 y Lempira. Los resultados determinaron a nivel morfológico, que los sustratos, si inciden en el comportamiento de variables analizadas, A nivel de altura con 26, 50 cm fue el híbrido Sarchimor 42 60 la mejor, y con 5 mm de diámetro, del híbrido lempira fue la mejor respuesta, ambas a la aplicación de humus de lombriz (35 %); en cuanto el número de hojas, se presentó similitudes entre tratamientos. En cuanto al comportamiento de la raíz de los híbridos de café; la mejor respuesta la tuvo el híbrido lempira, estableciendo que el humus de lombriz generó esa respuesta, la longitud alcanzada fue de 29,33 cm. El mayor diámetro lo alcanzo el tratamiento lempira con bocashi, con un diámetro de 1,95 mm; el peso húmedo y seco de raíz estuvo representado por los tratamientos lempira con humus y el híbrido Sarchimor 4260 con estiércol. Se recomienda incluir los abonos orgánicos en el sustrato en etapa de vivero del café, aunque incrementa levemente el costo de producción por plántula, sin embargo, es un tema manejable para el productor, por la disponibilidad de los abonos especialmente los estiércoles.

### **Introducción**

Ecuador es uno de los principales países para la exportación mundial de café, dado que es uno de los pocos países que produce dos variedades de café (arábigo y robusta). Además, en la actualidad el café ecuatoriano es reconocido a nivel mundial por su calidad gracias a un programa desarrollado por el gobierno que impulsa la promoción del café en todo el mundo, este programa es desarrollado por el Instituto de promociones de exportaciones e inversiones (PROECUADOR). La producción de café es un motor para la economía ecuatoriana, ya que aporta divisas al Estado, genera ingresos para las familias que cultivan café, beneficia a los actores de la cadena productiva del café (comerciantes, transportistas, exportadores, microempresarios, obreros de las industrias de café). De la producción de café ecuatoriano el 90% se lo destina a exportaciones, pero no abastece la demanda total de café que ne-



cesita ser exportado al mundo. Las exportaciones de café dentro de la balanza comercial representan el 3,34% de las exportaciones no petroleras. Según la Organización Internacional de Café la producción de café en el Ecuador ha tenido una tendencia a la baja desde el año 1990 (Pozo Cañas, 2014).

El Ministerio de agricultura, ganadería y pesca (MAGAP) del Ecuador, mediante el programa de reactivación de la caficultura, para el año 2010 se propuso la reactivación del café a nivel país, para lo cual implemento la siembra de 135,000 hectáreas tecnificadas de las cuales el 22 % corresponde a café robusta y junto a la empresa privada está incentivando el desarrollo de sistemas productivos cafetaleros con el uso de variedades cuyos rendimientos productivos están cercanos a los 80 qq de café pilado por hectárea, lo que elevará los ingresos de los pequeños productores ecuatorianos (MAGAP, 2010).

El cultivo de café está distribuido en 23 de las 24 provincias del país, por lo tanto, está relacionado con un amplio tejido social. C. arábica recibe el nombre de café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes. Jipijapa cuenta con el 38.6 % del área sembrada y se considera que de ahí proviene el café arábigo de mejor calidad en el Ecuador. Pero a pesar de que los ecuatorianos reconocen la calidad del café de esta zona, también consideran que ésta no ha alcanzado los niveles de desarrollo que muchos esperan de una actividad económica tan importante y se ha sugerido la necesidad de desarrollar proyectos de mejora tecnológica para esta zona (Santistevan *et al*, 2014).

Uno de los pilares fundamentales en el establecimiento de los cultivos que pueden permanecer por más de 15 años en el campo es la obtención de almácigos vigorosos de café (*Coffea arábica* L.). Entre los factores de éxito para lograr este objetivo está la adecuada nutrición de las plantas, la cual depende entre otros aspectos, de la selección apropiada de la dosis y la fuente de cada elemento (Sadeghian y Zapata, 2014). Las técnicas básicas usadas en la agricultura orgánica son de vital importancia, entre ellas destaca el uso de los abonos orgánicos para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas (Aguilar *et al*, 2016).

En los últimos 40 años, los productores redujeron la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva, generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la apli-

cación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Butler *et al*, 2007). No obstante, el costo de los fertilizantes minerales obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrientes a partir de fuentes como el compostaje, el uso de estiércol de origen animal y otras fuentes propias de los sistemas productivos como la pulpa de café y los residuos de cosecha, que se constituyen en las materias primas del proceso (Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014).

En este sentido, dada la necesidad de aumentar los rendimientos de los cultivos agrícolas para la alimentación humana, así como la disminución del uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud y el ambiente a largo plazo; las investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de nuevas tecnologías más amigables, siendo los residuos producidos por diversas actividades, ya sean agrícolas, forestales, industriales o domésticas, una alternativa en la producción de abonos orgánicos para sanear los efectos negativos derivados del uso excesivo de fertilizantes sintéticos (Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014).

En relación con esto, los abonos orgánicos deben de cumplir parámetros que garanticen mejorar la calidad del suelo, el suministro de nutrientes, facilitar la penetración del agua, incrementar la retención de humedad, y mejorar la actividad biológica del suelo (Ramos *et al*, 2014), aspectos que se deben considerar tanto en el terreno definitivo como en el manejo del cultivo en etapa de vivero.

En lo que respecta a las investigaciones realizadas, (Aguilar Bravo & Villacis Junco, 2016) quien realizó una investigación probando biol con aplicaciones foliares en cinco variedades de café, en la etapa de vivero midió altura de planta y diámetro de tallo. Los resultados obtenidos determinaron un mejor comportamiento en la variedad Castilla. De igual manera Mosquera *et al* (2016), evaluaron bocashi y lombricomposta, midiendo entre las principales variables: diámetro de tallo, altura y número de hojas, los resultados determinaron un mejor comportamiento a nivel morfológico con la lombricomposta.

En investigación realizadas por Valverde, *et al* (2020) determina a nivel fisiológico, diferencia significativa  $p < 0.05$  en las variables materia seca, humedad y nitrógeno (N), siendo los bioestimulantes Starlite y Evergreen los mejores en MS, y al Humega y Evergreen en contenido de N. Hubo mejor respuesta a la asimilación de clorofila (Cl) por parte de todos los bioestimu-

lantes, superando de manera general a la urea, siendo los mejores Micorriza y starlite, estableciendo una correlación positiva alta entre el N y la Clorofila. En lo referente al desarrollo morfológico se encontró mejor respuesta de la urea, y a nivel de bioestimulantes, el Humega y la Micorriza expresaron mejores resultados, todos entre los 90 y 120 días.

Pilatasig Pilaguano, 2017, estudio la respuesta agronómica de plantas de café arábica (*coffea arábica*) a la aplicación de abonos edáficos (Humus de lombriz) y foliares (Biol), obteniendo mejores resultados a nivel de altura, diámetro y números de ramas con el uso de humus de lombriz, los resultados son los siguientes: La altura de planta registro mayores resultados con el abono edáfico con promedios de 127,00 cm. al iniciar y 131,06 cm. a los 28 días. En el diámetro de tallo el mejor resultado se obtuvo con el abono edáfico, con 2,95 cm, a los 7 días, mientras a los 28 días el mayor diámetro registro abono edáfico con 3,25 cm. El mayor número de ramas se obtuvo con el abono edáfico, que registro 30,56 ramas en este estudio.

La baja productividad del cultivo de café, es la principal razón por la cual el productor ha perdido el interés de sembrar café, y en otros casos ha abandonado el cultivo y la misma finca. Según el SINAGAP el “43% del café del país es Manabita”. Desde 1860 se cultiva café en el Ecuador. La zona de Jipijapa, en la provincia de Manabí ha sido uno de los lugares preponderantes en los cuales se cultiva este producto. Manabí es una de las provincias de mayor producción cafetalera del país, con alrededor del 40% del total de sacos de 60 kg producidos a nivel nacional. Según el III Censo Agropecuario existía en la provincia en el año 2000 alrededor de 100.000 hectáreas sembradas de café, en Manabí existen actualmente alrededor de 70.000 hectáreas (APRIM, 2019).

El vivero es la primera etapa más importante del proceso productivo del cultivo, porque de aquí depende en mayor grado producir plantas sanas y vigorosas. Al obtener plantas sanas en un vivero o cultivo protegido, logramos una mayor uniformidad, reducimos el periodo de producción y sus costos, planeamos el abastecimiento de plantas y prolongamos su ciclo productivo, los primeros días de vida son los más críticos para su sobrevivencia (<https://www.ecured.cu>, 2019).

Los abonos orgánicos son un conjunto de materiales biodegradables ricos en bacterias nitrificantes y microorganismos activos que permiten una mayor disponibilidad de micro y macro nutrimentos como: N, P, K, Ca, Mg, Mn, en forma protéinica (electrolitos) lo que evita su lixiviación y garantiza la fertilidad permanente del suelo para los cultivos (Aguilar *et al*, 2016).

La presente investigación aporta con información relevante sobre el uso de los abonos orgánicos en la producción de plantas de café en etapa de vivero, limitando el impacto negativo al ambiente que ejerce el uso de fertilizantes químicos.

Se benefician de la presente investigación los productores cafetaleros, quienes podrán hacer uso de información relevante sobre la utilización adecuada de los abonos orgánicos en el sustrato, y el impacto positivo sobre la producción del cultivo de café.

La producción de café en Jipijapa y en sectores cafetaleros de Manabí, es relativamente baja, las causas son diversas, desde abandono de cultivo, donde solo se lo atiende en época de cosecha, presencia de plagas y enfermedades, calidad de la planta de café, no solo por variedad, sino por el mal manejo en el almácigo y vivero, que no garantizan plantas de alto poder productivo.

Entre los problemas de la caficultura actual, se cita los cultivares o genotipos susceptibles o poco tolerantes a enfermedades como la roya, por lo que es siempre oportuno realizar investigaciones con materiales adaptados a la zona y con conocida calidad vegetativa y productiva.

A lo citado, se suman las limitaciones de conocimiento técnico por parte del productor para el manejo y producción de plantas de calidad en etapa de vivero, desconociendo la importancia de esta etapa en la vida productiva del cultivo. En este sentido, y aunque muchos productores empleen abonos en la preparación del sustrato, no relacionan este aspecto con el mantenimiento nutricional de las plantas.

## Metodología aplicada

La investigación se desarrolló en el cantón Jipijapa, en la Parroquia urbana Fausto Moran, sector la Gangotena. Coordenadas:

1°20'00"S 80°35'00"O

### Limites:

Al norte: con los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana.

Al sur: con el Cantón Paján y la Provincia del Guayas.

Al este: con los cantones 24 de Mayo y Paján.

Al oeste: con el Océano Pacífico y el Cantón Puerto López.

### Factores climáticos

Jipijapa tiene un clima estepa local. Este clima es considerado BSh según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es 23.7 ° C en Jipijapa. Precipitaciones aquí promedios 537 mm. Con una temperatura media de 24.8 ° C, marzo es el mes más caluroso del año. El mes más frío del año es de 22.6 ° C en el medio de julio. Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 123 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.2 ° C (climate-data.org, 2019).

### Materiales utilizados

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversos insumos, materiales y equipos, los mismos que se emplearon oportunamente de acuerdo a la planificación prevista; Entre los insumos, se citan los materiales para los sustratos, como tierra agrícola, los productos a estudiar cómo son estiércol de bovino, el bocashi, humus, desinfectantes para el suelo, entre los principales. En lo que respecta a los materiales, se utilizaron caña, alambres, clavos, bomba de fumigar, machete, cady, fundas, regadera entre otros que garanticen la construcción y manejo del vivero. Además, se utilizaron equipos para la toma de datos como cinta métrica, calibrador, balanza analítica, estufa, entre otros equipos de laboratorio.

Empleándose además materiales e insumos de oficina, tanto para la toma de datos, como para su tabulación y elaboración del respectivo informe.

### Factores en estudio

#### Factor A: Tipos de abonos

A1. (Testigo)

- A 2. Estiércol de bovino
- A 3. Humus
- A 4. Bocashi
- Factor B Híbridos
- B1. Lempira
- B2. Sarchimor 42 60

**Tabla 2.25.**

*Tratamientos.*

Factor Abonos	Factores híbridos (Variedades)	Código de tratamientos	Repeticiones
Testigo	Sarchimor	A1V1	12
Testigo	Lempira	A1V2	12
Estiércol	Sarchimor	A2V1	12
Estiércol	Lempira	A2V2	12
Humus	Sarchimor	A3V1	12
Humus	Lempira	A3V2	12
Bocashi	Sarchimor	A4V1	12
Bocashi	Lempira	A4V2	12

### Diseño experimental

Se aplicó el diseño experimental completamente al Azar, con arreglo factorial 4 x 2 (Gabriel, *et al*, 2017).

**Tabla 2.26.**

*Características del experimento.*

Delineamiento experimental	
Unidades o parcelas experimentales	: 192
Número de repeticiones	: 12
Número de tratamientos	: 8
Número de plantas por unidad experimental	: 2
Número de plantas por tratamiento	: 24
Número de plantas evaluadas en parcela útil	: 24

## Análisis estadístico

De acuerdo al análisis estadístico expuesto en el diseño experimental, se aplicó el siguiente análisis de varianza:

**Tabla 2.27.**

*Análisis de varianza.*

Fuente de variación	Grados de Libertad	
Factor A	(A-1)	3
Factor B	(B-1)	1
Interacción A x B	(A-1) (B-1)	3
Error	(A.B) (n-1)	72
Total	(A.B.n - 1)	79

De igual manera se realizará el respectivo análisis de correlación, a fin de determinar las relaciones entre variables morfológicas tanto áreas como de raíz.

## Modelo aditivo lineal

El vivero experimental será implementado en un diseño completamente al azar (DCA), misma que se analizará de acuerdo al siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + FA_i + FB_j + FA \text{ vs } FB_k + E_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = es la variable dependiente. Donde j-ésima del i-ésimo tratamiento (nivel i-ésimo del factor).
- $FA_i$  = Efecto del factor A
- $FB_j$  = Efecto del factor B
- $FA \text{ vs } FB$  = efecto de la interacción entre tratamiento
- $E_{ijk}$  = Perturbaciones o error experimenta.

## Análisis funcional

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidades.

## Coefficiente de variación

El coeficiente de variación se utilizó tomando en consideración la siguiente formula:

$$C. V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

### **Variables a ser evaluadas**

**OE1.** Determinar la respuesta morfológica de los híbridos de café en etapa de vivero, a la aplicación de sustratos.

Se midieron las siguientes variables:

#### **Altura de planta**

La altura de las plantas se realizó manualmente, utilizando una cinta métrica tabla de campo lapicero la toma fue mes a mes durante el periodo de noviembre a abril

#### **Diámetro de tallo**

El diámetro de tallo de las plantas se tomó de manera manual directamente con un calibrador desde el primer grueso del tallo realizándolo durante el periodo de duración del proyecto de investigación.

#### **Número de hojas**

La toma de datos de contabilizar el número de hojas se realizó utilizando cuaderno lapicero, mes a mes durante el periodo de noviembre a abril la toma se realizó manualmente contando desde el día uno hasta culminar la investigación

#### **Longitud de raíz**

Se midió la raíz desde su inicio hasta el final de la raíz principal. Este dato se tomó al final del ensayo y se tomaron 3 plantas por repetición para sacar promedios.

#### **Diámetro de raíz**

Se midió el diámetro de la raíz a un centímetro de su inicio. Este dato se tomó al final del ensayo y se tomaron 3 plantas por repetición para sacar promedios.

#### **Peso húmedo de la raíz**

Se separó la raíz del tallo, y se pesó en una gramera digital de alta precisión (4 dígitos).



## **Peso seco de raíz**

Separada la raíz del tallo, se secó en una estufa a 80 °C durante 24 horas. Posterior a este ejercicio se pesó en una gramera digital de alta precisión (4 dígitos)

## **Materia seca de la raíz**

Se obtiene de sacar la humedad en este caso de la raíz, y se mide en porcentaje.

Se utilizaron para sus mediciones, cinta métrica, pie de amigo, balanza analítica, estufa, así como lapicero, tabla de campo entre lo más destacado.

**OE2.** Realizar una estimación económica por tratamiento.

Se efectuó una estimación económica, aplicando como razón financiera de análisis la relación beneficio costo.

Manejo específico de la investigación

**Construcción del vivero.** Se construyó un vivero con caña guadua, donde se ubicó la cama germinadora las platabandas para la posterior ubicación de las fundas llenas con los sustratos preparados para cada tratamiento.

**El germinador.** Para la preparación del germinador, el cual se lo hizo directamente en el suelo, se cavó en este unos 20 centímetros y posteriormente se preparó un sustrato con tierra negra natural, arena de río, en proporción de 80% – 20% respectivamente. Este material se desinfectó con agua caliente y con un fungicida cúprico, a fin de prevenir problemas con el damping off, lo cual fue sugerido por el tutor de la investigación.

Una vez realizada la siembra, misma que se hizo por hilera, se humedeció y se cubrió con sacos de yute, el riego se efectuaba según la necesidad hídrica y esto de acuerdo al clima, una o dos veces por semana.

A partir de los 45 días las plantas comenzaron a germinar, la geminación se hizo uniforme a partir de los 50 días, siendo las plantas el híbrido Sarchimor 4260 las que primero germinaron, estableciendo una diferencia entre 3 a 5 días con el híbrido Lempira.

**Recolección de sustratos para elaborar la mezcla.** Se prepararon los diferentes sustratos, observando que cumpla con todas las exigencias de textura y fertilidad del suelo.

Los sustratos preparados fueron los siguientes:

- Para la preparación del sustrato Testigo, se mezcló: Tierra natural en un 100%.
- La preparación del sustrato Estiércol, se mezcló: Tierra natural 70%, estiércol de vaca en un 30%.
- Para la preparación del sustrato Humus, se mezcló: tierra natural 70%, humus 35%.
- En la preparación del sustrato Bocashi, se mezcló tierra natural 70 %, y bocashi 30%.

En todos los sustratos se realizó una mezcla apropiada, procurando uniformidad y eliminando palos o ramas que afectaran en lo posterior el desarrollo del tallo o la raíz.

**Desinfección del sustrato.** Se realizó la desinfección del sustrato con la aplicación de un fungicida a base de captan la dosificación se realizó en un litro de agua 5cc de captan.

**Llenado de fundas.** Una vez preparado y desinfectado el sustrato se procedió al llenado de fundas número 12, ubicando cada una de ellas en sus respectivas platabandas.

De igual manera se procedió a señalar cada uno de los híbridos, así como los tratamientos, generando sus respectivos códigos.

**Trasplante.** El trasplante se realizó una vez que las plantas contaban con alrededor de 65 día en estado de chapola, se empleó una pequeña estaca para hacer el hoyo y no afectar la raíz.

Debo señalar, que se realizó una selección de las plantas que se obtenían del germinador, desechando todas aquellas plántulas que presentaban raíces divididas o dobladas, de tal forma que solo se trasplantaron las plantas que tenían rectas sus raíces. Es importante señalar que las plantas previo al trasplante en las fundas fueron desinfectadas con TALON 72 SC, un producto fúngico 5cc por un litro de agua.

**Manejo del vivero.** En este aspecto, se procedió a dotar de sombra a las plantas, empleando para aquello sarán, el riego se efectuaba 1 o 2 veces por semana en función a las horas luz, y se realizaba el control de malezas de forma manual.

**Toma de datos.** La toma de datos se realizó de manera mensual, esto en las variables, altura y diámetro de tallo, las otras variables como número de hojas y las referentes a la raíz, se realizó al final del experimento, donde se las desenterró, lavo, se tomaron medidas en estado húmedo, para en lo posterior ser llevadas al laboratorio, donde se pesaron húmedas y posteriormente se secaron, para proceder a tomar medidas en ese estado.

Se elaboró para este procedimiento una base de datos en Excel, que en lo posterior facilitó la tabulación de datos y su utilización en el software estadístico Infostat.

## Resultados

Los resultados se han planteado en función al cumplimiento de los objetivos; previo a su presentación se presenta en la tabla 1, los resultados del análisis de distribución de los datos, donde se aprecia que estos al ser normales, dan pautas para aplicar el diseño experimental propuesto en la metodología.

### Tabla 2.28.

#### *Análisis de distribución normal de los datos.*

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
Altura de planta	48	22,93	3,28	14,3	15	29,5	-0,38	-0,11
Diámetro de tallo	48	3,76	0,42	11,25	3	4	-1,3	-0,39
Número de hojas	48	27,63	6,27	22,69	14	50	0,95	2,44
Longitud de raíz	48	25,61	3,69	14,42	18	32	-0,15	-0,62
Diámetro de raíz	48	1,75	0,27	15,33	1,1	2,2	-0,45	-0,5
Peso húmedo de la raíz	48	7,33	3,06	41,76	3,05	15,41	0,65	0,08
Peso seco de raíz	48	1,41	0,6	42,77	0,69	3,09	0,9	0,49
Humedad	48	80,64	2,02	2,5	76,59	83,99	-0,28	-0,85

Determinar la respuesta morfológica de los híbridos de café en etapa de vivero, a la aplicación de abonos orgánicos, pauto el análisis de las variables: Altura de planta, Diámetro de tallo, Numero de hojas.

**Altura de planta.** La variable altura de planta de acuerdo a lo observado a la **Tabla 2.28**, demuestra que el factor fertilizante (p valor 0,003) es el que

influyó en mayor medida en la altura de las plantas en etapa de vivero, y aunque no se determina diferencias estadísticas en el ANOVA, la prueba de tukey (**Figura 2.22**) establece diferencias.

**Tabla 2.29.**

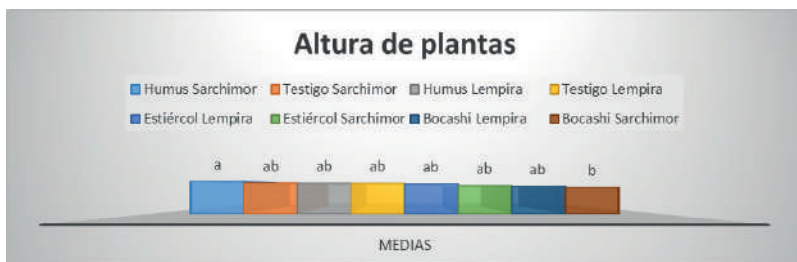
*ANOVA variable altura de planta.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	176,3	7	25,19	3,08	0,0075
Factor fertilizante	149	3	49,67	5,07	0,003
Factor variedad	1,25	1	1,25	0,13	0,7219
Factor F*	26,05	3	8,68	1,06	0,2422
Factor V					
Error	515,89	63	8,19		
Total	881,3	79			

Como se aprecia en la prueba de significación de Tukey, el humus en la variable Sarchimor 4260 fue la demostró mejor respuesta; y de esta manera se rechaza la hipótesis nula, debido a que si se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos.

**Figura 2.22.**

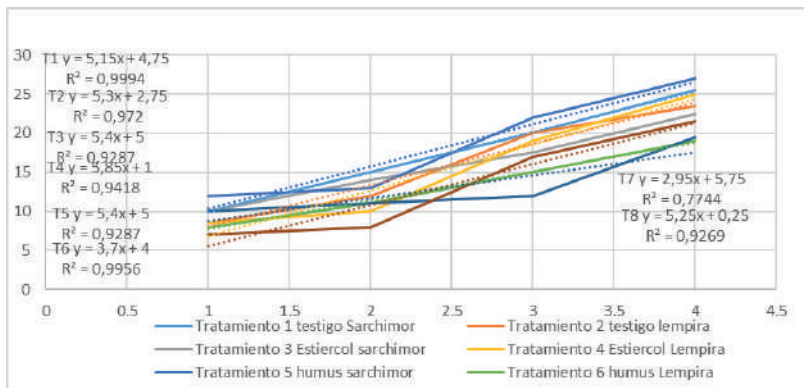
*Tukey al 5 % Variable altura de planta.*



El análisis de regresión lineal ratificó que el tratamiento que mejor comportamiento tuvo durante el tiempo del ensayo fue la variedad Sarchimor 4260 con humus, seguido por Sarchimor 4260 testigo y lempira con humus.

**Figura 2.23.**

*Análisis de regresión lineal. Altura de planta.*



**Diámetro de tallo.** El análisis de varianza realizado sobre la variable diámetro de tallo, determino que a nivel estadístico no hay diferencias estadísticas entre tratamientos p valor entre factores  $> 0,05$ , concluyéndose que a nivel de diámetro de tallo todos se comportan iguales.

**Tabla 2.30.**

*ANOVA variable diámetro de tallo.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,15	7	0,16	1,14	0,3477
Factor fertilizante	0,57	3	0,19	1,18	0,3219
Factor variedad	0,17	1	0,17	1,06	0,3066
Factor F*	0,4	3	0,13	0,92857143	0,4801
Factor V					
Error	9,03	63	0,14		
Total	12,77	79			

**Número de hojas.** El análisis de varianza realizado determina que hay diferencias significativas entre tratamiento p valor  $< 0,05$ , el diseño factorial estable como tratamientos la relación entre factores. Las diferencias determinaron la aplicación de la prueba de significación de Tukey.

**Tabla 2.31.**

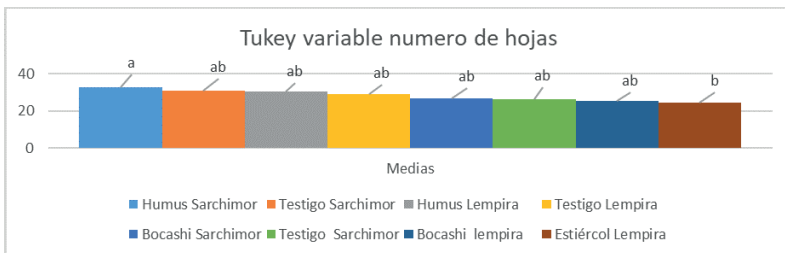
*ANOVA variable número de hojas.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	611,19	7	87,31	2,59	0,0204
Factor fertilizante	257,74	3	85,91	2,78	0,0474
Factor variedad	70,31	1	70,31	2,27	0,1361
Factor F* Factor V	283,14	3	94,38	3,05	0,034
Error	2119,94	63	33,65		
Total	2839,49	79			

La **Figura 2.24**, determina como mejor tratamiento del híbrido Sarchimor 4260 con sustrato de humus de lombriz, seguido de Sarchimor testigo y por el tratamiento del híbrido lempira con sustrato de humus de lombriz; los tratamientos de menor respuesta con respecto a la variable número de hojas, fueron con el híbrido lempira y los sustratos bocashi y estiércol respectivamente.

**Figura 2.24.**

*Tukey al 5 %, Variable número de hojas.*



Al evaluar el comportamiento de la raíz de los híbridos de café en la etapa de vivero a la aplicación de abonos orgánicos, se procedió a analizar las variables: longitud de raíz, diámetro de raíz, peso seco de raíz, peso húmedo de la raíz y humedad; variables que fueron analizadas al final del ensayo, y cuyos datos se recogieron desde el laboratorio de bromatología de la UNESUM, empleando sus equipos, garantizando precisión de los datos.

**Longitud de raíz.** El ANOVA realizado, establece diferencias estadísticas a nivel de la correlación entre los factores ( $p$  valor  $< 0,05$ ), lo que da lugar a la aplicación de la prueba de Tukey al 5 %, a fin de establecer el mejor tratamiento. Es además importante mencionar que, hasta ahora el factor fertilizante, ubicado como parte del sustrato, es el factor más influyente en el estudio realizado, por esta razón es apreciable la importancia de la fertilización en la producción de plantas en etapa de vivero.

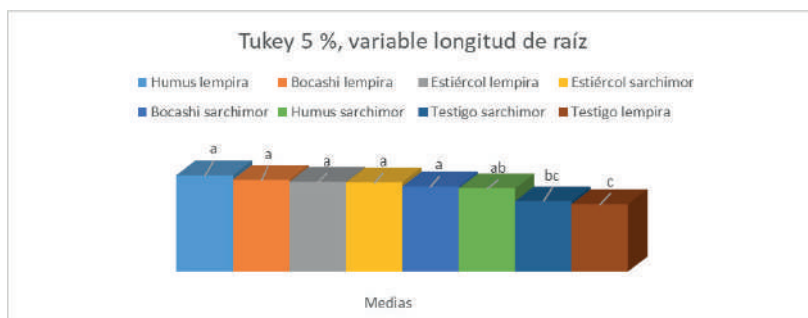
**Tabla 2.32.**

*ANOVA variable longitud de raíz.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	410,66	7	58,67	21,63	<0,0001
Factor fertilizante	348,06	3	116,02	20,09	<0,0001
Factor variedad	20,67	1	20,67	7,62730627	0,0357
Factor F*Factor V	41,93	3	13,98	5,15867159	0,0401
Error	94,93	35	2,71		
Total	641,62	47			

**Figura 2.25.**

*Tukey al 5 % de variable longitud de raíz.*



Como se aprecia en la **Figura 2.25**, los mejores tratamientos resultaron ser todos los orgánicos, y los testigos donde se utilizó abonos químicos (urea), expresaron menor longitud de raíz.

**Variable diámetro de raíz.** El análisis de varianza de la variable diámetro de raíz, establece que no existe diferencia estadística en la interacción entre

factores ( $p$  valor  $> 0,05$ ), sin embargo, la prueba de significación de Tukey al 5 % encuentra diferencias, las cuales se aprecian en la figura 5.

**Tabla 2.33.**

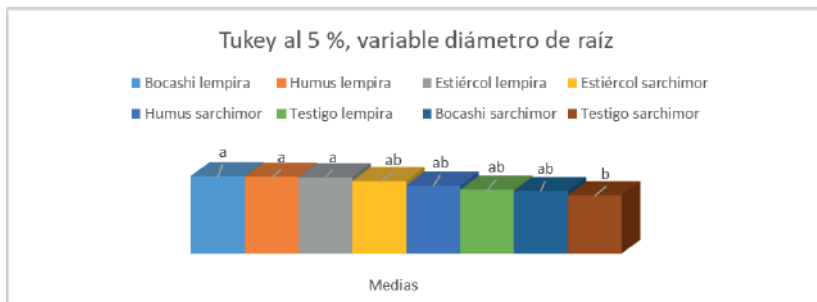
*ANOVA variable diámetro de raíz.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,45	7	0,21	3,75	0,0039
Factor F	0,81	3	0,27	5,6	0,0027
Factor V	0,52	1	0,52	10,75	0,0022
Factor F	0,12	3	0,04	0,66	0,1277
*Factor V					
Error	1,94	35	0,06		
Total	3,39	47			

Se determina que los tratamientos con sustratos de orgánicos, bocashi, humus y estiércol, todos con la variedad lempira, fueron los que obtuvieron un mejor desarrollo a nivel de diámetro de tallo; el testigo Sarchimor en este caso es el que resulto con menores dimensiones.

**Figura 2.26.**

*Tukey 5 %, variable diámetro de raíz.*



**Variable peso húmedo de raíz.** El análisis de varianza del peso húmedo de raíz, determina que existe interacción entre factores ( $p$  valor  $< 0,05$ ), definiendo por tanto diferencias estadísticas entre tratamientos.



**Tabla 2.34.**

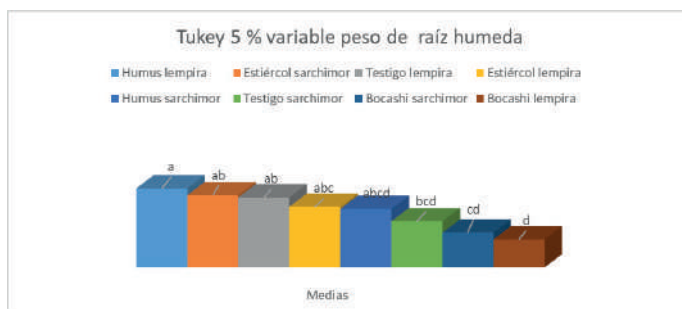
*ANOVA variable peso húmedo de raíz.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	239,38	7	34,2	11,74	<0,0001
Factor fertilizante	180,15	3	60,05	11,98	<0,0001
Factor variable	8,46	1	8,46	1,69	0,2014
Factor F* Factor V	50,77	3	16,92	3,38	0,0275
Error	101,94	35	2,91		
Total	439,86	47			

Las diferencias estadísticas encontradas, motivaron la aplicación de Tukey al 5 %. El análisis determinó, que a nivel de humedad, existió mejor respuesta en la variedad lempira a la aplicación de humus, siguiendo en su orden, el estiércol y el híbrido Sarchimor y el testigo lempira; el híbrido que presento menor contenido de humedad fue el híbrido lempira con bocashi.

**Figura 2.27.**

*Tukey 5 %, variable peso de raíz húmeda.*



**Variable peso seco raíz.** Con respecto al análisis de esta variable, que representa la materia seca, se empleó una estufa a una temperatura de 80 ° (dejando secar la raíz por 24 horas. **EI ANOVA** determina diferencia significativa p valor < 0,05. Con este resultado se acepta la hipótesis de investigación, ante lo cual se aplica la prueba de Tukey al 5 %, para de esta menar definir el mejor tratamiento.

**Tabla 2.35.**

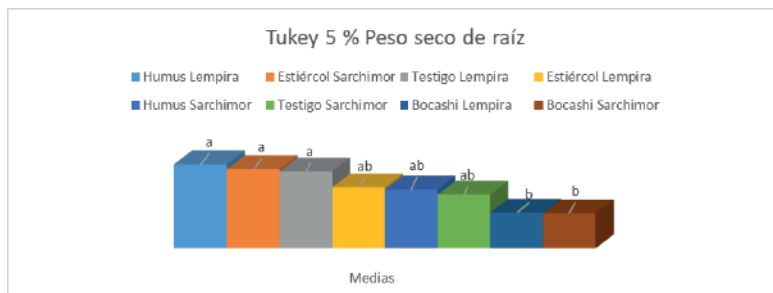
*ANOVA variable peso seco raíz.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	8,06	7	1,15	9,66	<0,0001
Factores fertilizantes	5,64	3	1,88	8,35	0,0002
Factor variedad	0,4	1	0,4	1,78	0,1895
Factor F* Factor V	2,02	3	0,67	2,99	0,0424
Error	4,17	35	0,12		
Total	17,06	47			

El análisis de la prueba de significación de Tukey al 5 %, determino que las mejores medias respondieron a los tratamientos humus de lombriz con el híbrido lempira, estiércol con el híbrido Sarchimor 4260 y testigo lempira, y la de menor respuesta fue el bocashi con ambos híbridos. La siguiente figura confirma lo expuesto.

**Figura 2.28.**

*Tukey 5 %, variable peso de raíz seca.*



**Variable materia seca.** En lo que respecta al análisis de varianza de la materia seca, sobres datos que se tomaron en el laboratorio, una vez realizada la extracción de la humedad, se encuentra que existe diferencia estadística altamente significativa entre la interacción de factores, p valor < 0,01.

**Tabla 2.36.**

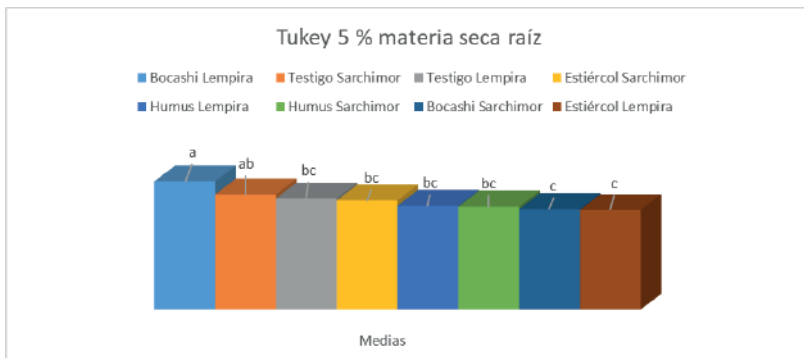
*ANOVA materia seca de raíz.*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Repetición	11,55	5	2,31	1,36	0,2638
Tratamientos	120,36	7	17,19	10,11	<0,0001
Factor F	37,06	3	12,35	6,95	0,0007
Factor V	5,49	1	5,49	3,09	0,0865
Factor F*Factor V	77,82	3	25,94	14,6	<0,0001
Error	71,08	40	1,78		
Total	191,45	47			

El resultado del ANOVA, motiva la aplicación de la prueba de Tukey al 5 %, encontrando que el mejor tratamiento es la variedad lempira con bocashi, en su orden de importancia, se encuentran, Sarchimor 4260 testigo, testigo lempira y Sarchimor 4260 con estiércol, los tratamientos con menor respuesta fueron, el Sarchimor 4260 bocashi y el lempira con estiércol, tal como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 2.29.**

*Tukey 5 %. Materia seca de raíz.*



Al realizar una estimación económica por tratamiento, se efectuó un análisis de costos por cada planta producida, estableciéndose que las plantas testigo, tienen un costo inferior a la de los tratamientos, lo cual tiene sentido

pues se incrementa al sustrato el costo de los abonos orgánicos, dosificados para el desarrollo de la investigación.

Como se aprecia en la siguiente tabla, los tratamientos a base de estiércol y humus tienen un leve incremento en su costo de producción.

**Tabla 2.37.**

*Estimación de costos de producción por tratamientos.*

Productos e insumos utilizados en vivero	Testigo	Tratamiento Estiércol	Tratamiento Humus	Tratamiento Bocashi
Fundas de polietileno (100 fundas)	2	2	2	2
Abono foliar	1	1	1	1
Urea	3			
Estiércol		4		
Humus			4	
Bocashi				5
Sustrato	4	4	4	4
Semilla	2	2	2	2
Talón Fungicida (500 g)	2,5	2,5	2,5	2,5
Manejo (Mano de obra)	10	10	10	10
Total	24,5	25,5	25,5	26,5
Número de plantas por tratamiento	20	20	20	20
Costo x planta	1,23	1,28	1,28	1,33

## Discusión

Los resultados obtenidos a nivel de altura de planta y diámetro de tallo, con medidas promedio de 26, 50 cm con el híbrido Sarchimor 4260 y 5 mm en el híbrido lempira, ambas a la aplicación de humus de lombriz (35 %), dan indicios de la importancia del humus en la producción de plantas de café en la etapa de vivero, manejo que se efectuó en un plazo de 4 meses. Estos resultados superan a los Alcanzados por Aguilar *et al* (2016), cuyo promedio de altura a los 120 días fue inferior a 13 cm, y de diámetro 3,5 mm; siendo los mejores tratamientos composta 25 % para altura y bocashi 50% para diámetro. En cuanto al número de hojas con promedio de 30 hojas por planta, no se estableció diferencias estadísticas entre tratamientos, mientras Aguilar define como mejor tratamiento al compostaje en un 50%.

En investigación realizada en Loja Vilcabamba, efectuada por Encalada *et al* (2018), alcanzaron mejor resultado a nivel de altura con el fosfoestiercol, siguiendo en su orden el bocashi y humus de lombriz respectivamente, la altura mayor alcanzada llegó a 22, 78 cm. Este resultado no es coincidente con los obtenidos en nuestra investigación, primero por la mejor respuesta al humus de lombriz, sino además porque se alcanzó mayor altura y en la mitad del tiempo. En lo que respecta al diámetro del tallo, encontró mejor respuesta con el Bocashi, con un 3,86 mm, dato inferior al obtenido en la investigación realizada; y con respecto al número de hojas alcanzo en promedio 14 hojas, y como mejor tratamiento al fosfoestiercol.

La investigación realizada por Valverde *et al* (2020), en el que utiliza como sustrato el compost en una proporción del 20 %, y emplea bioestimulantes, alcanza en el mismo tiempo 120 días, una altura promedio en el tratamiento testigo de 27, 4 cm, de diámetro 3 mm y 10 hojas en promedio, este último valor difiere totalmente con el obtenido en la investigación.

En cuanto al comportamiento de la raíz, la mayor longitud la obtuvo el tratamiento representado por el híbrido Lempira con el humus como abono, la longitud alcanzada fue de 29,33 cm. El mayor diámetro lo alcanzo el tratamiento Lempira con bocashi, con un diámetro de 1,95 mm; El peso húmedo y seco de raíz estuvo representado por los tratamientos Lempira con humus y por el híbrido Sarchimor 4260 con estiércol, y en lo que respecta a materia seca, los mejores tratamientos fueron Lempira con bocashi y el híbrido Sarchimor 4260 testigo.

Adriano *et al*, (2021) en su investigación sobre biofertilizantes en café en etapa de vivero, cita que los biofertilizantes influyeron en el comportamiento de raíz, e indica que a nivel de longitud esta es entre 14,7 y 18,2% más larga que la de las plantas testigo, y con respecto al peso de la raíz, indica que estos fueron 41,3% más pesadas que los tratamientos testigo.

López (2020), en su investigación realizada sobre el comportamiento morfológico del café en etapa de vivero, en la que utilizó estiércol en un 20 % como parte del sustrato, presento resultados que difieren a los obtenidos, de tal manera que, a nivel de longitud de raíz, esta alcanzó 17,35 cm en 4 meses y un diámetro de raíz de 2,53 mm, superior al obtenido en nuestra investigación.

Alejo y Reyes (2014), en su investigación, en la que estudio las diferencias entre 3 sustratos, humus, fosfoestiércol y bocashi, obteniendo como mejor respuesta a nivel de tamaño de raíz a la el tratamiento con humus de lombriz al-

canzando 19,43 cm de largo, dato inferior al obtenido en la investigación efectuada, aunque coincidió en el tratamiento a base de humus de lombriz como el mejor. El peso seco de la raíz obtuvo mejores resultados a nivel del tratamiento de bocashi, lo cual resulta coincidente con los resultados obtenidos.

### **Conclusiones**

Se determina que, a nivel morfológico, las mejores respuestas en los híbridos de café en etapa de vivero, se presentaron con los tratamientos a base de sustratos orgánicos. A nivel de altura con 26, 50 cm fue el híbrido Sarchimor 4260 la mejor, y con 5 mm de diámetro, del híbrido Lempira fue la de mejor respuesta, ambas a la aplicación de humus de lombriz (35 %); el número de hojas presento similitudes entre tratamientos. En lo que respecta al comportamiento de la raíz, la mejor respuesta la tuvo el híbrido Lempira, estableciendo que el humus de lombriz generó esa respuesta, la longitud alcanzada fue de 29,33 cm. El mayor diámetro lo alcanzo el tratamiento Lempira con bocashi, con un diámetro de 1,95 mm; El peso húmedo y seco de raíz estuvo representado por los tratamientos Lempira con humus y el híbrido Sarchimor 4260 con estiércol.

En lo que respecta a la estimación económica, se establece un incremento en el costo por planta en todos los tratamientos que cuentan con la inclusión de abonos orgánicos, por el costo que representa conseguirlos, sea por transporte o solo mano de obra, el incremento es mínimo y se puede reducir cuando se realiza una producción a escala mayor.

## **2.4. Evaluación agronómica de 7 variedades de café arábigo en etapa de vivero**

### **Resumen**

El desarrollo de esta investigación plantea “Evaluación agronómica de 7 variedades de café arábigo injertada en café robusta, en etapa de vivero”, como metas tenemos identificar el comportamiento morfológico del café arábigo y su comportamiento radicular, las variedades son: Bourbon Rojo, Catuai Amarillo, Bourbon Amarillo, Sarchimor 42 60, Catimor 8664 (2-3), Acawa Amarillo y Catuai Amarillo, además de determinar la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados. Se utilizó una metodología experimental, completamente al azar y en las medidas de tiempo se utilizó regresión lineal apoyada por el ANOVA, las variables morfológicas parte del estudio son: Altura de Planta (AP), Diámetro de Tallo (DM), Largo de Hoja (LH), Ancho de Hoja (AH) y Numero de Hoja (NH), Largo de Raíz (LR), Diámetro de Raíz (DR), Peso Húmedo de Raíz (PHR). Los datos fueron tabulados en la aplicación de Excel, y su análisis se efectuó en el software estadístico INFOSTAD, los resultados determinados en la prueba de Tukey al 5% que las investigación en tratamiento tubo, diferencias significativa sin embargo lo evaluado a tiempo fueron homogéneos todos los tratamientos en el primer objetivo, 1 en lo concerniente al objetivo 2 estas se evaluaron los tratamientos al 5% en la prueba de Tukey fueron resultados homogéneos.

### **Introducción**

Ecuador posee una gran capacidad 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 robusto. Debido a la ubicación geográfica del Ecuador, su café es de los mejores producidos en América del Sur y de los más demandados en Europa y Estados Unidos. Las principales zonas productoras de café arábigo en el Ecuador, están ubicada en las provincias de Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi, Los Ríos, Guayas Esmeraldas y Galápagos (Productor, 2018).

La adaptabilidad se relaciona con la capacidad de la variedad de crecer y producir satisfactoriamente en los diferentes agro ecosistemas y las circunstancias socioeconómicas de los productores. La adaptación de una variedad de café se expresa, por ejemplo, en la tolerancia a los períodos secos prolongados, como ocurre en algunas zonas productoras de las provincias de Manabí; donde se presentan con frecuencia de 6 a 8 meses ecológica mente secos (Amores P, y otros, 2004).

Al abrirse Ecuador al comercio mundial se dio un impulso significativo a las pequeñas plantaciones, alcanzando un cierto grado de desarrollo, hasta constituirse el café en un producto de exportación importante para la economía de la nación. Hoy el gobierno ha hecho grandes impulsos para que el producto alcance una gran producción y exportación históricamente, la zona de Jipijapa, en Manabí, ha sido uno de los lugares preponderantes en los cuales se ha cultivado Café. Últimamente en la parroquia Pedro Pablo Gómez, cantón Jipijapa, en Manabí, los caficultores implementaron dos viveros, en donde sembraron 2 millones de plantas con semilla de café arábica de alto rendimiento, procedente de Brasil, bajo la dirección del Proyecto de Reactivación de Café, que ejecuta el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (Lucas Suárez, 2018).

Las especies principales y con las cuales se elaboran los cafés más comerciales son: el café Arábica y el café Robusta. Estas especies, se cree que son las que aportan mayor aroma, sabor, productividad y resistencia a plagas. Para su cultivo requieren de un clima cálido con una temperatura promedio de 20°C y de un suelo rico en materia orgánica, para obtener una cosecha productiva (Vázquez Escalante, 2011)

Frente a este problema es conveniente trabajar con variedades que sean resistentes y a la vez tengan buena producción, uno de los métodos para conseguir este propósito es a través del injerto. Para el cultivo de café se recomienda usar como patrones plántulas de *Coffea canephora* P. resistente al ataque de nematodos y como “pluma, o yema a injertar variedades de *Coffea arábica* L. La compatibilidad entre estas dos especies es perfecta según han podido observar en Guatemala en plantas adultas, en plantas de menor edad, solo la diferencia en color de la corteza hace que en algunos casos se distinga el punto de unión entre el injerto y porta injerto (Zacarias Velasco, 2001).

En jipijapa localidad ANDIL se está realizando plantaciones de café entre variedades e híbridos mediante injertos para determinar su morfología, de esta manera recomendar a los productores cafetaleros utilizar genotipos de alto valor genético que permite tener altos rendimientos de grano por unidad de superficie en un futuro.

En Ecuador el rendimiento de café es muy variado ya sea por la capacidad de desarrollo en vivero, comercialización, procesamiento y la exportación de su grano, el sector cafetalero tiene relevante importancia económica, social y ecológica. La trascendencia económica radica en su aporte, de divisas al Estado y la generación de ingresos para las familias cafetaleras y otros actores



de la cadena productiva como: transportistas, comerciantes, exportadores, industriales, obreros vinculados a los procesos productivos y de procesamiento, entre otros, que dependen de las contingencias de producción y precios del café, en el mercado internacional (Romero Carhuapoma, 2017).

El café ha sido cultivado tradicionalmente bajo la sombra de los árboles en sistemas agroforestales complejos, proporcionando así un refugio para la biodiversidad y para innumerables bienes y servicios a los agricultores.

La deforestación, los desequilibrios del suelo y los patógenos son solo algunos de los desafíos que enfrentan los productores de todo el mundo en el cultivo de café, razón por la cual muchos adoptan prácticas agronómicas como el injerto para mejorar la resistencia de sus cultivos.

El sector cafetalero se encuentra en total abandono y las prácticas de manejo no son las adecuadas y fundamentalmente que el cultivo en nuestra zona cumple con todos los requisitos agro ecológicos, suficientemente sustentable, logrando así la iniciación de la reactivación económica del sector área cafetalero, que en décadas anteriores fue el sustento de la mayoría de familias del sector.

De manera técnica los cafetales del Ecuador tienen baja competitividad por su debilitada capacidad productiva, altos costos de producción y mala calidad del café desde el vivero por lo que se pretende solucionar el problema causado por la baja densidad por hectárea, cafetales viejos, poco o ningún control de plagas y enfermedades y la escasa o nula reposición de la fertilidad a los suelos. La importancia del desarrollo de las plantaciones de café tiene como métodos y técnicas la composición de residuos orgánicos, la que resulta ser de fácil absorción para la plantas como productos orgánicos como el biol y el vermicompost es considerado uno de los productos revelación en este siglo, aseguran que su contenido nutricional para la planta es alto y de fácil absorción y rapidez (Pilatasig, 2017).

El injerto tiene beneficios comprobados, y siempre que los productores estén dispuestos a prepararse de manera adecuada, por lo que se pretende solucionar el problema desde la siembra de este cultivo; en la cual es necesario establecer métodos apropiados para la propagación vegetativa de cafetos que sea la base para una difusión masiva entre los caficultores, puede valer la pena la inversión necesaria, antes de comprar cualquier plántula injertada o semillas de variedades de café, se debe comprobar que las plantas estén certificadas para asegurar la pureza de la variedad (IDIAC, 2010).

En el café como en cualquier otra planta injertada, adquiere mejoras en el aceleramiento de la producción; precocidad que se produce en el cafeto, quedando bien demostrado al producir su primer cosecha al año o, más acen tuada que en cualquier otra planta proveniente de injerto (ANACAFE. (2015).

El objetivo de esta investigación consiste en evaluar la incidencia de las variedades de café robusta al injerto de café arábigo, para ver en el creci miento a nivel de vivero, que pertenece a la granja experimental de la Universi dad Estatal del Sur de Manabí, ubicado en el recinto Andil del Cantón Jipijapa, bajo la hipótesis de la aplicación neto de injerto y desarrollo de las plántulas. La experiencia del injerto utilizando el patrón permite obtener resultados bue nos, con plantas fuertes en terrenos resistentes a la sequía.

Este trabajo se desarrollara con materiales adaptados al medio, compro bando su alto rendimiento de café, logrando con la utilización nuevos genoti pos de café de alto valor genético y de alta producción, para incrementar los rendimientos por unidad de superficie, debido a esto se ha vuelto a ser ren table la siembra de café en los sistemas agroforestales de Jipijapa y su zona de Influencia, las personas que se beneficiaran de estas investigaciones de índole cafetalera, aportan a la economía del productor (Artieda, 2016).

En la localidad de Jipijapa, el café tiene baja competitividad por su de bilitada capacidad productiva, altos costos de producción y mala calidad del café desde el manejo en semilleros y vivero.

Entre otros problemas destacan: La mala selección de semilla para la siembra, la cantidad de sustrato para la preparación de las camas en vivero, desconocimiento del productor en manejo del suelo, fertilización, control de enfermedades y plagas. La presente investigación prevé un aporte importante en este sentido, motivando la resistencia del café robusta al café arábigo, en la etapa de vivero.

La técnica de hacer estos tipos de injertos en estas variedades de ca fetos como es el café robusta (*Coffea Canéphora*), y el café arábigo (*Coffea arábica*) en la zona, es para obtener una mejor calidad tanto en rendimientos morfológicos y productivos que sea beneficioso para los productores, ya que entre mayor sea la incidencia de esta, se podrá obtener un poco más alto el desarrollo de una nueva planta, que sean más productivas con la formación de raíces para absorber y trasladar agua y minerales, aumentando la eficien cia y la acumulación de nutrientes para su desarrollo.

## Metodología aplicada

La investigación se desarrolla en la Finca Experimental de Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el kilómetro 5 de la vía que conduce a la Parroquia Noboa del cantón 24 de Mayo.

Veinticuatro de Mayo es un cantón de la provincia de Manabí en Ecuador, tiene una población de 28.846 habitantes. Su alcalde actual para el período 2019 - 2023 es el Ing. Elicro Duval Valeriano Ponce.

**Superficie:** 524 km<sup>2</sup>

**Capital:** Sucre

**Coordenadas:** 1°16'44"S 80°25'12"O / -1.27888889, -80.42

**Idioma oficial:** español

**Altitud media** 242 m.s.n.m.

**Limites:**

**Al norte:** con el cantón Santa Ana

**Al sur:** con el cantón Paján

**Al este:** con los cantones Santa Ana y Olmedo

**Al oeste:** con el cantón Jipijapa

En la Actualidad el cantón 24 de Mayo esta subdividido en una parroquia urbana y tres rurales, distribuidos de la siguiente manera:

**Urbana:** Sucre (cabecera cantonal).

**Rurales:** Bellavista, Arquitecto Sixto Duran Ballén y Noboa.

Materiales

Para la implementación de la investigación se contara con los siguientes materiales: cuchilla de injertar, tijera de injertar, hilo o cinta de injertar regla graduada, gramera, calibrador vernier, libreta de apuntes y esferos.

Factores en estudio

Se consideró para esta investigación dos factores de estudio que son los 7 genotipos de café.

Tratamientos

**Los tratamientos a utilizar en el estudio serán:**

T1: Arábigo Bourbon rojo

T2: Arábigo Bourbon rojo injertado a patrón robusta

T3: Arábigo Catuai amarillo

T4: Arábigo Catuai amarillo injertado a patrón robusta

T5: Arábigo Bourbon amarillo

T6: Arábigo Bourbon amarillo injertado a patrón robusta

T7: Arábigo Sarchimor

T8: Arábigo Sarchimor injertado a patrón robusta

T9: Arábigo Catimor 8664 (2-3)

T10: Arábigo Catimor 8664 (2-3) injertado a patrón robusta

T11: Arábigo Acawa amarillo

T12: Arábigo Acawa amarillo injertado a patrón robusta

T13: Arábigo Catucaí amarillo

T14: Arábigo Catucaí amarillo injertado a patrón robusta

**Se aplicarán las siguientes formulas:**

El cuadro que a continuación se presenta, describe los tratamientos de interacción de los factores, con sus respectivos niveles. El total de tratamientos es 14.

**Tabla 2.38.**

*Tratamiento en estudio.*

Tratamientos	Nomenclatura	Factor A.	Factor B.
		Nivel 7	Nivel 2
1	G1F1	Genotipo 1	Sin Injerto
2	G1F2	Genotipo 1	Con injerto
3	G2F1	Genotipo 2	Sin injerto
4	G2F2	Genotipo 2	Con injerto
5	G3F1	Genotipo 3	Sin injerto
6	G3F2	Genotipo 3	Con injerto
7	G4F1	Genotipo 4	Sin injerto
8	G4F2	Genotipo 4	Con injerto
9	G5F1	Genotipo 5	Sin injerto
10	G5F2	Genotipo 5	Con injerto
11	G6F1	Genotipo 6	Sin injerto
12	G6F2	Genotipo 6	Con injerto
13	G7F1	Genotipo 7	Sin injerto
14	G7F2	Genotipo 7	Con injerto

**Diseño experimental**

El diseño experimental que se va a utilizar es completamente al azar.

El diseño experimental es completamente aleatorio con arreglo factorial 7 x 2.

## Características del experimento

**Tabla 2.39.**

*Delineamiento experimental.*

Delineamiento experimental	
Unidades experimentales	: 42
Número de repeticiones	: 7
Número de tratamientos	: 7
Número de plantas por unidad experimental	: 4
Número de plantas evaluadas en parcela útil	: 168

## Análisis estadístico

**Tabla 2.40.**

*Esquema del análisis de varianza.*

Fuente de variación	Grados de Libertad	
Tratamiento	(t-1)	6
Error	(t-1)(r-1)	36
Total	t(r-1)	42

## Modelo aditivo lineal

El vivero experimental será implementado en un diseño completamente al azar (DCA), misma que se analizará de acuerdo al siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = es la variable dependiente. Donde j-ésima del i-ésimo tratamiento (nivel i-ésimo del factor).

T. Tratamiento

$E_{ij}$  = Perturbaciones o error experimental

## Análisis funcional

La comparación de las medias se realizará mediante la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidades.

## Coeficiente de variación

El coeficiente de variación se realizará utilizando tomó la siguiente fórmula:

$$C. V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

## Variables a ser evaluadas

**Para el análisis de las variables a ser evaluadas, se plantea un estudio a partir de:**

Determinar la respuesta morfológica de 7 variedades de café arábica, con mediciones de su raíz en etapa de vivero.

### Se estudiarán las variables:

**Altura de planta.** Se medirá la altura de planta, desde el suelo hasta el ápice del tallo principal, usando una regla graduada. Y se expresara en centímetros.

**Diámetro de tallo.** Se medirá el diámetro del tallo de los cafetos, a 2 a 3 cm sobre el nivel del suelo empleando un calibrador tipo “Vernier” o pie de rey y se expresara en centímetros.

**Largo y ancho de hoja.** Se contabilizará esta variable con la ayuda de una regla graduada tomando las ramas del tercio medio de la planta.

**Número de hojas.** Se tomara este dato ya que a los dos meses después de la germinación, la planta forma el primer par de hojas verdaderas de, la planta adquiere de 6 a 8 pares de hojas verdaderas o nudos.

**Largo de raíz.** A los 45 días de colocar el ensayo se procede a tomar 5 plantas al azar y con la ayuda de una regla se mide el largo de sus raíces.

**Diámetro de raíz.** Se empleará un calibrador para ver la longitud de la planta.

**Peso de la raíz húmeda.** Se utilizara una gramera para el peso una vez que la planta esté en sus últimas semanas en vivero

Establecer el comportamiento morfológico de 7 variedades de café arábica injertada a café robusta en la etapa de vivero.

- Altura de planta

- Diámetro de tallo
- Largo y ancho de hoja
- Número de hojas
- Largo de raíz
- Diámetro de raíz
- Largo de raíz

Determinar mediante un análisis beneficio costo la producción de café por planta.

### **Manejo específico de la investigación**

El vivero es el lugar o sitio adecuado donde permanecerán las plantas de café procedentes del germinador hasta alcanzar el desarrollo necesario para el trasplante al campo.

El manejo del cultivo en las unidades experimentales se lo realizará, teniendo como principio fundamental las Buenas Prácticas Agrícolas, enfatizando en la aplicación de abonos orgánicos, el control de malezas y según los requerimientos de los cultivos.

**Riego.** Se debe regar frecuentemente el vivero. No regar en exceso para evitar la aparición de hongos y la pudrición de raíces.

**Manejo técnico.** El cultivo es llevado de manera técnica, observando el desarrollo del injerto ubicado en el patrón, evitando la presencia de plagas y enfermedades y propagación de malezas.

**Toma de datos.** Se tomara los datos necesarios en la investigación una vez injertadas las variedades en el tiempo de vivero y se llevara a cabo varias veces destrucción de plantas para tomar datos del mismo.

**Tabulación de datos.** Los datos que se tomen en el campo, serán tabulados en Excel, luego se utilizara un paquete estadístico de Infostat; para tabular los resultados y una prueba de Tukey al 5% para rangos significativos.

### **Resultados experimentales**

Los datos tomados en el campo de investigación fueron tabulados en la aplicación de Excel, y posteriormente se trasladaron al software estadístico Infostat, para la realización de los diseños experimentales.



Sin embargo, para la aplicación del diseño experimental propuesto, fue necesario primero realizar un análisis de datos, a fin de establecer la normalidad de los mismos para justificar el uso estadístico.

El diseño a utilizar es completamente aleatorio ya que se consideró utiliza el factor tiempo para que el esquema se transforme a un diseño factorial.

Es oportuno indicar que previo a la realización de los análisis de varianza, se realizó el respectivo análisis de los datos, en el que se consideró la media, coeficiente de variación, mínimo, máximo, asimetría y Kurtosis.

Como se observa en las tablas cuadro 4, los datos establecen normalidad. La asimetría está cercana a 0, lo que indica que los datos son normales, igual situación es observada en la Kurtosis, que no supera el valor de 3. La normalidad de los datos obtenidos, viabiliza el empleo del diseño sugerido en la presente tesis.

El análisis de normalidad de los datos se efectuó por tratamiento y por factor tiempo, de esta manera se garantizó la normalidad del ejercicio. Ante los resultados obtenidos, se procedió a realizar los ejercicios experimentales, que incluyeron: análisis de varianza, regresión lineal, mismos que permitieron sustentar los objetivos específicos planteados.

**Tabla 2.41.**

*Análisis de normalidad de datos.*

Variable	Media	CV	Mín.	Máx.	Asimetría	Kurtosis
Altura de planta	4,76	21,48	2,75	7,55	0,58	-0,04
Diámetro de tallo	1,73	12,03	1,25	2	-0,59	-0,03
Largo de la hoja	4,53	14,09	2,75	6	-0,09	0,56
Ancho de la hoja	1,92	14,58	1,25	3,53	-0,67	0,48
Número de hojas	4,44	15,09	5,68	4,53	-0,2	-0,81
Largo de la raíz	12,96	30,9	5	20	-0,13	-0,92
Diámetro de raíz 2	1,9	5,43	1,5	2,23	-0,08	8,16
Peso de la raíz Húmeda	0,79	10,89	0,55	1,03	-0,19	1,34

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

Es oportuno indicar que los análisis considerados a la toma de datos corresponden a cada variable estudiada.

Determinar la respuesta morfológica de 7 variedades de café arábica, con mediciones de su raíz en etapa de vivero

**Comportamiento de las variables:** Esta investigación estudia las variables dependientes que están relacionadas con la respuesta morfológica del cultivo, las variables estudiadas son: Altura de planta “AP”, diámetro de tallo “DT”, número de ramas “NR”, Largo de hoja “LH”, Ancho de hoja “AH”. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, una vez realizado el análisis de varianza de tipo factorial:

Se presentan en la tabla, los resultados del análisis de la varianza y la prueba de Tukey, datos que corresponden a la evaluación realizada en las plantas de café.

**Variable: Altura de planta (cm)**

Muestra el análisis de varianza de la toma de datos, Altura de planta, aquí se puede observar que la evaluación realizada en los meses de estudio, los tratamiento tienen diferencias estadísticas altamente significativas sin embargo en nuestro estudio tiempo vs tratamiento no presenta diferencias estadística con un C.V. 21,48.

**Tabla 2.42.**

*Cuadros medios de altura.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	15,35	5	3,07	22,95**	<0,0001
Tiempo *Tratamiento	0,22	10	0,02	0,16ns	0,9981
Error	9,63	72	0,13		
Total	25,2	87			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

### Regresión lineal de variable altura

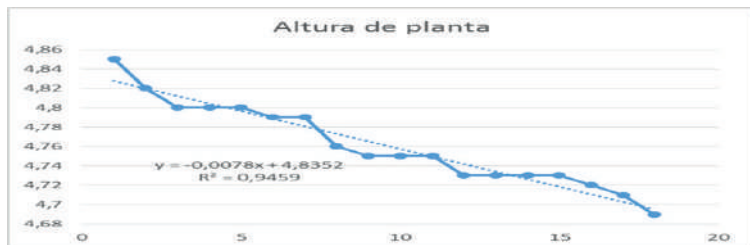
Se realizó el análisis de regresión lineal, considerando la varianza de los datos tomados cada mes, esto permitió observar el comportamiento de cada uno de los tratamientos en los que se compara, la cual se escogió un diseño completamente aleatorio.

En la **Figura 2.37** permite observar el comportamiento de cada tratamiento durante los meses que duró la investigación, estableciéndose que el crecimiento fue heterogéneo, sin embargo, se observan diferencias estadísticas entre tratamientos, ratificando los resultados del ANOVA.

Se observa que en los meses de estudio, la mayor altura de planta se presenta en los tratamientos, cuyos valores de R<sup>2</sup>, establecen que ha existido un comportamiento lineal, donde el medio ambiente no ha afectado el proceso investigativo

### Figura 2.30.

*Regresión lineal altura de planta.*



Como se aprecia en el gráfico, los tratamientos presentan un comportamiento similar en el tiempo de la investigación, la cual se presenta en la regresión lineal, que se determina en el ANOVA del **Tabla 2.4**.

### Variable: Diámetro de tallo

Se analizó la variable diámetro de tallo, el ANOVA que hay diferencia significativa sin embargo entre tiempo vs tratamientos establece que no hay diferencia significativa, motivando un análisis simple, Es oportuno indicar que se efectuó la prueba en los meses que duró la investigación, en esta se puede observar que no hubo mejores tratamientos estos fueron homogéneo. El análisis de la prueba Tukey al 0,05, permitieron definir los tratamientos con una regresión lineal (**figura 2.38**) con un C.V. 12,03.

**Tabla 2.43.**

*Cuadrados medios de diámetro.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	0,42	5	0,08	5,64*	0,0002
Tiempo*Tratamiento	0,12	10	0,01	0,8ns	0,6278
Error	1,06	72	0,01		
Total	1,6	87			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

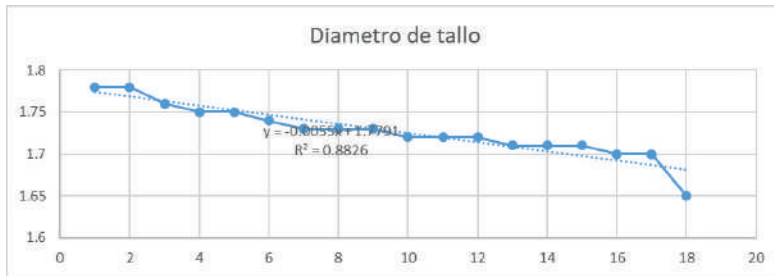
\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

**Figura 2.31.**

*Regresión lineal diámetro de tallo.*



Al igual que la variable de altura de planta, se tomaron los datos de tiempo, durante los meses de la investigación, nos permite observar un comportamiento homogéneo entre los tratamientos; el diámetro del tallo crece en promedio 10 mm mensualmente, ser trabajo posteriormente con la aplicación del ANOVA, donde se ratifica la diferencia estadística.

**Variable: Largo de hoja**

Al igual que la variable anterior, se analizaron al final del estudio, se utilizó la aplicación del ANOVA, en la que esta no determino diferencia significativa, con un C.V. 14,09.

**Tabla 2.44.**

*Cuadrados medios largo de hoja.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	1,00	6	0,17	0,35ns	0,9037
Error	10,13	21	0,48		
Total	14,16	39			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

**Variable: Ancho de hoja**

Estas variables se analizaron al final del estudio, en la cual se observó durante el ensayo en la aplicación del ANOVA, no determino diferencia significativa por número de hojas con un C.V. 14,58.

**Tabla 2.45.**

*Cuadrados medios ancho de hoja.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	0,18	6	0,03	0,35ns	0,9046
Error	1,87	21	0,09		
Total	2,05	27			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

**Variable: número de hojas por planta**

Estas variables se analizaron al final del estudio, donde se observó durante la práctica del ANOVA, que no determino diferencia significativa por número de hojas con un C.V. 15,09.

**Tabla 2.46.**

*Cuadrados medio número de hojas.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	0,97	6	0,16	0,36ns	0,8964
Error	9,49	21	0,45		
Total	10,46	27			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

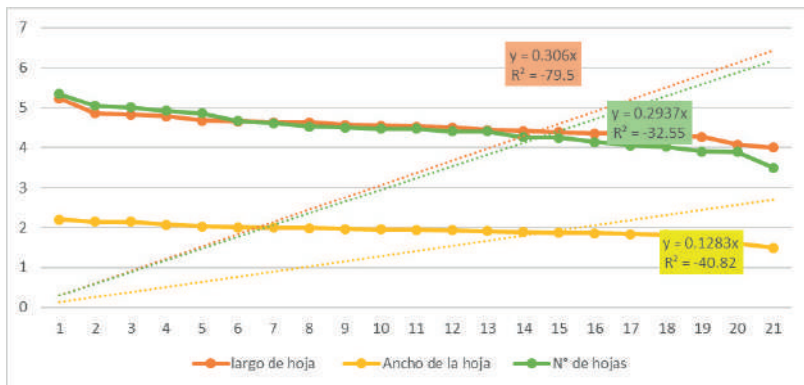
\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

Al igual que las otras variables, que no hubo diferencia significativa y que sus resultados por el ANOVA son homogéneos.

**Figura 2.32.**

*Regresión lineal largo, Ancho y Número de hoja.*



Los resultados obtenidos en el ANOVA, en comportamiento morfológico de las plantas de café arábica tuvieron resultados homogéneos entre los tra-

tamientos estudiados, como se ve en el **Figura 2.4**, en largo, ancho y números de hojas, esto nos lleva a concluir que el tamaño de bolsa es muy importante para la producción de plantas de café en vivero.

### Comportamiento radicular de las plantas de café en etapa de vivero.

Para este ensayo se plantearon las siguientes variables: Longitud de raíz, Diámetro de raíz, Peso húmedo de raíz, para los diferentes tratamientos a evaluar.

Como se observa en el **Tabla 2.46**, los datos establecen normalidad. La asimetría está cercana a 0, lo que indica que los datos son normales, igual situación es observada en la Kurtosis, que supera el valor de 3. La normalidad de los datos obtenidos, viabiliza el empleo del diseño sugerido en el presente ensayo.

**Variable largo de raíz.-** Se sacaron de las bolsas las plantas para realizar con las mediciones respectivas de esta, en este sentido se tomó los datos de cada tratamiento de los ensayos con un C.V. 30,9.

Lo que se representa en el ANOVA del **Tabla 2.46**, estas no presentan variabilidad entre tratamiento que sea  $p < 0,01$ .

### Tabla 2.47.

*Cuadrados medios variable largo de la raíz.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	24,85	6	4,14	0,23ns	0,9644
Error	632,78	35	18,08		
Total	657,63	41			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

**Variable diámetro de la raíz:** en lo que respecta la variable diámetro de la raíz, estas presentaron entre tratamiento, resultados homogéneos, de igual manera no presentaron diferencias significativas, se les tomo datos al finalizar la variables del objetivo. Con un C.V. de 5,43%

**Tabla 2.48.**

*Cuadrados medios variable diámetro de la raíz.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	0,07	6	0,01	1,13ns	0,3668
Error	0,37	35	0,01		
Total	0,44	41			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo

**Variable peso húmedo de la raíz:** los datos analizados mediante la aplicación del ANOVA, en los tratamientos estudiados no determinaron significación, mayor a  $p < 0,01$ . Con resultados homogéneos se le aplicó la prueba de significación de Tukey para realizar una línea de tendencia.

**Tabla 2.49.**

*Cuadrados medio variable peso húmedo de la raíz.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamiento	0,04	6	0,01	0,89ns	0,5136
Error	0,26	35	0,01		
Total	0,3	41			

**Elaborado por:** John Jairo Quijije, estudiante investigador

\*\*= Diferencias estadísticas altamente significativas

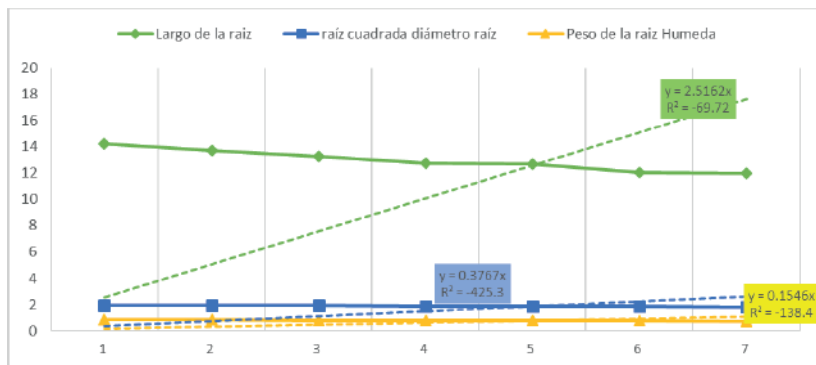
\*= Diferencias estadísticas significativas

n.s.= no significativo



**Figura 2.33.**

*Regresión lineal largo, diámetro y peso húmedo de la raíz.*



Se hizo una regresión lineal, donde no se tomó medidas tiempo, se realizó esto para observar diferencias entre tratamientos, la cual con la ayuda del ANOVA, nos ratifica que no hay significación en los ensayos estudiados

Establecer el comportamiento morfológico de 7 variedades de café arábigo injertada a café robusta en la etapa de vivero. Los injertos no tuvieron mucha propagación en prendimiento en las variedades de café arábigo a café robusta no se hace más diseño experimental.

**Porcentaje de plantas vivas y muertas de café arábigo injertadas a patrón robusto:**

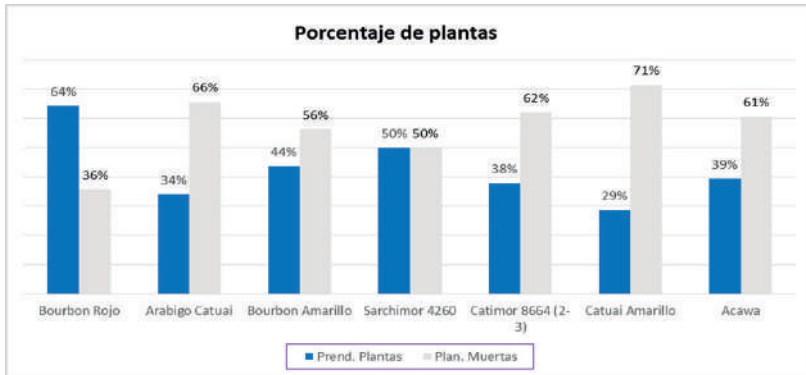
Porcentaje de prendimiento de las variedades arábigo injertadas sobre patrón de robusta a nivel de vivero.

A los 20 días de haber realizado la injertación se hizo un conteo la cual obtuvimos un 50% de las plantas habían prendido, después de 15 días se efectuó un segundo conteo donde vemos el porcentaje de plantas vivas para nuestro diseño, la cual no fue favorable para el estudio.

Se observa en la **Figura 2.41**, que la variedad Bourbon Rojo alcanzó el 64% de prendimiento, siendo superior a las variedades, Sarchimor 4260 con el 50%, Bourbon Amarillo con el 44%, Acawa con el 39%, Catimor 8664 (2-3) con el 38%, seguido de Arábigo Catuai con el 34%, y en última instancia se ubica la variedad Catuai Amarillo con el 29% de prendimiento. De igual manera se sacaron el porcentaje de las plantas muertas por cada tratamiento estudiado en vivero.

**Figura 2.34.**

*Porcentaje de plantas.*



Para determinar mediante un análisis beneficio costo la producción de café por planta se ejecutó un análisis de beneficio costo en que se determina en el **Tabla 2.49**, que las plantas varían en algunos tratamientos, siendo el de mayor costo los tratamientos 2 y 3 con un valor de 8,36\$.

Es importante señalar que el costo unitario resulta más alto que en cualquier vivero comercial, debido que hay un número pequeño de plantas, sin embargo el análisis es oportuno porque establece una inversión mayor, vale la pena tener riesgo, al realizar investigaciones complementarias, donde se pueda evidenciar diferencias a nivel productivo.

**Tabla 2.50.**

*Costo de producción.*

Concepto	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)
Fundas de polietileno	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
Semilla	15	15	15	15	15	15	15
Humus de lombriz	20	20	20	20	20	20	20
Arena de rio	6	6	6	6	6	6	6
Tamo de arroz	8	8	8	8	8	8	8
Micorriza	9	9	9	9	9	9	9

Biol	12	12	12	12	12	12	12
Manejo (Mano de obra)	15	15	15	15	15	15	15
Sub total	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5
Ingresos							
N° de planta por tratamiento no injertada	32	32	32	32	32	32	32
N° de planta por tratamiento injertada	28	32	32	30	29	28	28
Precio total	896,00	1024,00	1024,00	960,00	928,00	896,00	896,00
Ingreso neto	773,50	901,50	901,50	837,50	805,50	773,50	773,50
Relación B/C	7,314	8,359	8,359	7,837	7,576	7,314	7,314

## Discusión

El resultado del comportamiento morfoestructurales de los siete cultivos de café arábigo en etapa de vivero, en las evaluaciones a nivel altura de planta, diámetro de tallo, ancho y largo de hoja y número de hojas, expresa homogeneidad entre tratamiento, según (Ubieta, 2020). La variable tuvo un comportamiento similar a la altura de planta porque indica el crecimiento ortotrópico del arbusto, lo que va a proporcionar bandolas que garantizaran la producción en los próximos años pues en la mayoría de los casos, el aumento en altura trae consigo el aumento en pisos, relacionados a los números de hojas, y (Arcilla, 2007) nos indica que para establecer un buen manejo del cultivo de café se requiere un amplio conocimiento de la planta en lo que respecta a su crecimiento, desarrollo y producción, así como de los factores que los afectan, expresado en términos más simples, el éxito del cultivo del café depende de la cantidad y la calidad de su crecimiento.

Gracias a la micorriza se produce un aumento notable en la altura de la planta, ya que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando el desarrollo, contribuyendo así a mejorar la resistencia de enfermedades, esto lo corrobora, Valverde *et al.*, (2020), quienes afirman que los bioestimulante al aplicarse a las plantas mejoran su eficacia, absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico y abiótico, a mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente en el contenido de nutrientes.

Mediante la investigación de la raíz no hay variabilidad entre tratamientos sin embargo gracias a las fundas 17\*23 tuvimos un tamaño de raíz de 13 cm de largo, sin embargo (López L. , 2020) nos dice que en su estudio el crecimiento de raíz fue diferente estadísticamente entre los tratamientos,

observándose mejor respuesta a nivel de todas las variables de medición, largo, diámetro y peso húmedo de la raíz, tomando en cuenta el tamaño de las fundas donde estaban los tratamientos. Según (Pire, 2008), quien encuentra diferencias entre tratamientos, probando entre diferentes tamaño de fundas su crecimiento radical durante el periodo evaluado dice: El aumento de la longitud de raíces con el tamaño de la bolsa la plántula tuvo la capacidad de mantener su crecimiento con un mayor volumen de suelo, pero su capacidad de proliferación y ramificación, representada por la longitud de raíces por volumen de suelo, se mantuvo constante; también fue notorio que las raíces aumentaron su grosor en las plantas que crecían en las bolsas de menor tamaño mantuvo constante. También fue notorio que las raíces aumentaron su grosor en las plantas que crecían en las bolsas de menor tamaño.

El estudio de esta determino correlaciones entre variables, destacando correlaciones iguales en todo el estudio en etapa de vivero.

Con respecto a los resultados obtenidos de café arábigo injertado a café robusta se observó que las variedades estudiadas en el prendimiento, hubo promedio del 20,86% en plantas en total al final de estudio, siendo la de más relevancia alto, medio y bajo son, el Bourbon Rojo fue el mejor, el de medio el Sarchimor 42 60 y por último el Catucaí Amarillo.

De acuerdo a los resultados finales los tratamientos como Arábigo Catucaí, Bourbon Amarillo, Catimor 8664 (2-3), Acawa no fueron muy compatibles con el patrón Robusta ya que no tuvimos síntomas de incompatibilidad en la injertación. Según (Zacarias, 2001), se observó que las variedades estudiadas fueron compatibles con el patrón Robusta en la injertación: no hubo caída de hojas, muerte descendente de ramas y abultamiento excesivo en la zona de unión del injerto con el patrón.

## Conclusiones

A nivel morfológico, donde se consideró el análisis de las variables diámetro de tallo, altura de planta, como medio para la identificación las variedades de mayor desarrollo en plántulas de café arábigo (*Coffea arábica*) en etapa de vivero. Fue necesario realizar un análisis de línea de tendencia a partir de medidas repetidas en el tiempo, que evidencio un desarrollo uniforme durante el tiempo del experimento.

No hubo presencia relevantes de plagas y enfermedades en las plantas en campo abierto, debido a que se aplicó una buena concentración de bio como bioestimulante fortaleciendo la estructura morfológica de las plantas, además el manejo fitosanitario y calidad de las semillas.

De acuerdo a los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, la cual manifiesta. “El injerto del café arábigo al patrón de café robusta, no incide en las características agronómicas en la etapa de vivero”

## **Bibliografía**

- Acuña, P. (2013). Influencia de la aplicación de fertilizantes foliares a nivel de viveros de café arábigo (*Coffea arabica*) en el sitio Cabo de Hacha del cantón Jipijapa 2013. Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Adriano Anaya, M., Jarquín Gálvez, R., Hernández Ramos, C., & Salvador Figueroa, M. (2011). Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(3), 417-431.
- Aguilar Bravo, T., & Villacis Junco, P. (2016). Comportamiento agronómico de cinco variedades de café (*coffea arábica* L.), sometido a diferentes aplicaciones foliares de biol. Santo Domingo De Los Tsáchilas, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11296>
- Alejo Palacios, A., & Reyes Calva, L. (2014). Evaluación de sustratos y tipos de recipiente en el crecimiento de plántulas de café arábigo, en condiciones de vivero. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12493>
- Amores P, F., Duicela G, L., Corral C, R., Guerrero C, H., Vasco M, A., Motato A, N., & Solórzano L, G. (2004). Variedades mejoradas de café arábigo una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. Quevedo, Ecuador: INIAP.
- Arizaleta, M., & Pire, R. (2008). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia*, 42(1), 47-55.
- Báñez P, Á. (2015). Bioestimulantes, Fitofortificantes. *Agricultura*, 15(1), 34-35.
- Butler, D., Ranells, N., & Franklin, D. (2007). Ground cover impacts on nitrogen export from matured riparian pasture. *Journal of Environmental Quality*, 36(1), 155-162.
- Camacho Navas, A. (2018). Diseño e implementación de un sistema portátil de medida de clorofila. Universidad De Jaén: Jaén, España.

- Castellon, J., Muschler, R., & Jimenez, F. (2000). Abonos orgánicos: efecto de sombra en almácigos de café. *Agroforestería en las Américas*, 7(26), 30-33. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7590>
- COFENAC. (2011). Diagnóstico Sector Café Ecuador. Portoviejo, Ecuador: Consejo Cafetalero Nacional.
- De La Roza-Delgado, B., Martínez Fernández, A., & Argamentaría Gutiérrez, A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Revista Pasos*, 31(1), 91-104.
- Duicela, L. (2016). Investigación y desarrollo cafetalero en el Ecuador: Situación actual y perspectivas. Guayaquil, Ecuador: Centro de Investigación de Ecuador (CIDE).
- Echeverría, F., Barquero, M., & Rodríguez, D. (2014). Estudio del desarrollo radical en almácigo de híbridos f1 de café obtenidos por cultivo de tejidos. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 67-74.
- El Productor. (2018). Cultivo de café arábigo. Obtenido de <https://elproductor.com/2018/06/cultivo-de-cafe-arabigo/>
- Encalada, M., Jumbo, N., Alejo, A., & Reyes, L. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arábica* L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Revista científica Bosque Latitud Cero*, 8(1).
- Fertilab. (2012). Biuret en Fertilizantes y Suelos. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/192-Biuret-en-Fertilizantes-y-Suelo.pdf>
- Gabriel, J., Castro, C., Valverde, A., & Indacochea, B. (2017). Diseños Experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Guayaquil, Ecuador: Compas.
- GAD Parroquial Rural El Laurel. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia El Laurel 2015-2025. Daule, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural El Laurel.
- Gaitán, Á., Villegas, C., Rivillas, C., Hincapié, É., & Arcila, J. (2011). Almácigos de café: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo. *Avances técnicos CENICAFE*, 404(1), 1-8.
- García Martínez, E., & Fernández Segovia, I. (2022). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.

- García-Seco, D. (2017). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>
- INIAP. (2010). Informe anual 2010. Guayaquil, Ecuador: Estación Experimental Litoral Sur, Departamento Nacional de Protección Vegetal. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2259>
- Lucas Suárez, V. (2018). Evaluación de la producción de variedades e híbridos de Coffea arabiga (café arábigo). Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- MAGAP. (2016). MAGAP ejecuta "Proyecto de Reactivación de la Caficultura Ecuatoriana". Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-ejecuta-proyecto-de-reactivacion-de-la-caficultura-ecuatoriana/>
- Montecé Cedeño, M. (2016). Evaluación de almácigo de café (Coffea) bajo diferentes sistemas de siembra y sustratos en la zona de Vinces. Carrera de ingeniería agronómica. Vinces, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Monteros Guerrero, A. (2016). Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2016. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Obtenido de <https://fliphtml5.com/ijja/gang/basic>
- Ormeño D, M., & Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. Revista INIA, 10(1), 29-35.
- Pilatasig Pilaguano, M. (2017). Respuesta agronómica de las plantas de café arábica (coffea arábica) a la aplicación de bonos edáficos y foliares. La Mana, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Pozo Cañas, M. (2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000-2011. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- PROECUADOR. (2011). Análisis Sectorial de Café y Elaborados. Quito, Ecuador: PROECUADOR.
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). Respuesta del lulo de la Selva (Solanum quitoense x Solanum hirtum) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. Cultivos Tropicales, 35(4), 52-59.

- Restrepo, J., Gómez, J., & Escobar, R. (2014). Utilización de los residuos orgánicos en Agricultura. Cali, Colombia: Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola. Obtenido de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_CIAT/Residuos\\_Organicos\\_Agricultura\\_FIDAR.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf)
- Romero Carhuapoma, L. (2017). Manejo para la producción agroecológica del cultivo de café (*Coffea arabica* L) en el sector San Pedro, centro poblado menor de Cesara, distrito de Namballe del Perú. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Romero, A., Jimenez, F., & Muschler, R. (2000). Crecimiento de almácigo de café con abono tipo bocashi y follaje verde de *Erythrina poeppigiana*. *Agroforestería en las Américas*, 7(26), 37-39. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7590>
- Sadeghian, S., & Zapata, R. (2014). Crecimiento de café (*Coffea arábica* L.) Durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 40-45.
- Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., & Tuesta Hidalgo, O. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecol. apl*, 13(2), 187-192.
- Tello-Gómez, E. (2012). Efecto de la aplicación de bioestimulantes, fertilizantes foliares y el caolín, sobre el comportamiento agronómico y en la producción de la variedad de arroz (*Oryza sativa*) CR-4477 en finca La Vega, San Carlos, alajuela, Costa Rica. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía.
- Utria Borges, E. (2004). Respuesta de plantulas de cafeto (*coffea arabica* L.) A la aplicacion de brasinoesteroide en diferentes concentraciones y etapas de su desarrollo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(1), 11-14.
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., & Merchán-García, W. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18-28.
- Vasconcelos, R., Prado, R., Reyes Hernández, A., & Caione, G. (2014). Efecto del horario de medición, posición y porción de la hoja en los índices de clorofila en la papa. *Idesia (Arica)*, 32(4), 23-28. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292014000400004](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000400004)



Vázquez Escalante, A. (2011). El café: nuevas aplicaciones en 15 recetas de sal y dulce. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Zacarias Velasco, A. (2001). Evaluación de la compatibilidad de injertación entre *Coffea canephora* p. y *Coffea arabica* l. y su crecimiento con uno y dos plantas por bolsa en vivero. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

## Anexos capítulo II

### 2.1. Cronograma

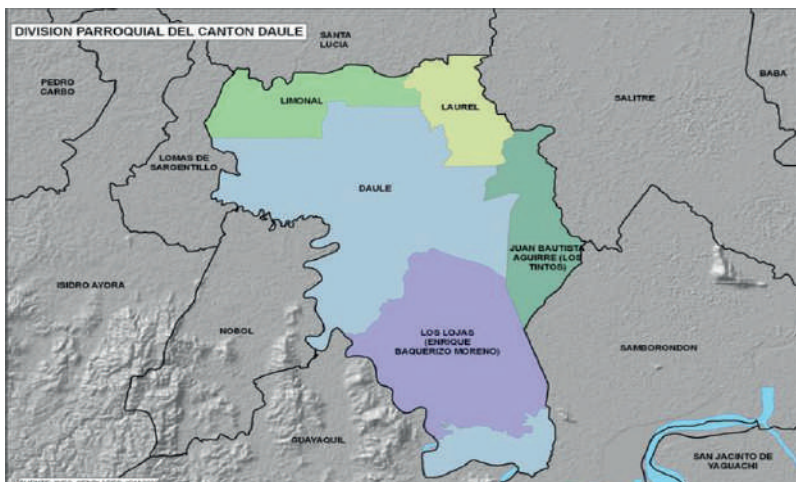
Año 2018																				
Actividad	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Análisis y aprobación del tema		x	x																	
Elaboración de proyecto				X	x															
Presentación para pre defensa						x														
Pre defensa del trabajo de titulación							x													
Desarrollo del experimento en campo					x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x				
Toma de datos de campo						x	x	x	x	x	x	x								
Presentación de primer borrador al tutor																		x		
Presentación del trabajo de titulación a la unidad de titulación																			x	
Sustentación de trabajo de titulación																				x
Entrega de empastados y CD																				x
Graduación																				x

### 2.2. Presupuesto

Actividad	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Elaboración de proyecto	unidad	1	50,00	50,00
Plántulas de café arábigo	unidad	200	0,50	100,00
Caña guadua	unidad	10	3,00	30,00
Fundas plásticas negras	ciento	10	1,50	15,00
Humega	litro	0,5	15,00	7,50

Evergreen	litro	0,5	35,00	17,50
Ácidos húmicos	litro	0,5	12,00	6,00
Tierra negra	global	1	10,00	10,00
Arena de río	global	1	10,00	10,00
Humus	kg	20	2,00	40,00
Baldes	unidad	2	3,00	6,00
Regadera	unidad	1	20,00	20,00
Alambre	rollo	1	2,00	2,00
Clavos	libra	2	1,00	2,00
Hojas de cady	global	1	5,00	5,00
Mantenimiento del ensayo	jornal	6	15,00	90,00
Borrador de Trabajo de Titulación	unidad	1	15,00	15,00
Impresiones de trabajo para sustentación	hojas	400	0,03	12,00
CD con Trabajo de Titulación	unidad	4	1,50	6,00
Empaste de Trabajo de Titulación	unidad	2	15,00	30,00
<b>TOTAL</b>				<b>474,00</b>

### 2.3. Ubicación de la parroquia Laurel del cantón Daule



## 2.4. Manejo del semillero de café Sarchimor 42 60



## 2.5. Construcción de protección al vivero    2.6. Chapolas listas para el trasplante



## 2.7. Preparación del sustrato



## 2.8. Trasplante a fundas de tratamientos



## 2.9. Desinfección y siembra en fundas de distinto tamaño



## 2.10. Manejo de vivero



## 2.11. Toma de datos



## 2.12. Desarrollo del cultivo

## 2.13. Fundas utilizadas en el ensayo





## 2.14. Medición de raíces

## 2.15. Raíces de diferentes tratamiento



## 2.16. Equipos utilizados en el laboratorio de bromatología de la UNESUM

### Balanza analítica y estufa



## 2.17. Raíces en proceso de secado, separadas según tratamiento



## 2.18. Plantas de café por tratamiento al final del ensayo



## 2.19. Siembra de los genotipos de café en el sector de Andil



## 2.20. Germinación de los genotipos de café en el sector de Andil



## 2.21. Realización de injertos de café arábica a patrón robusta



## 2.22. Aplicación de Micorriza para el desarrollo de la raíz del cultivo del café



### 2.23. Aplicación de Biol para el crecimiento del cultivo del café



## 2.24. Aplicación de Panela disuelta en agua para estimular el crecimiento del cultivo del café



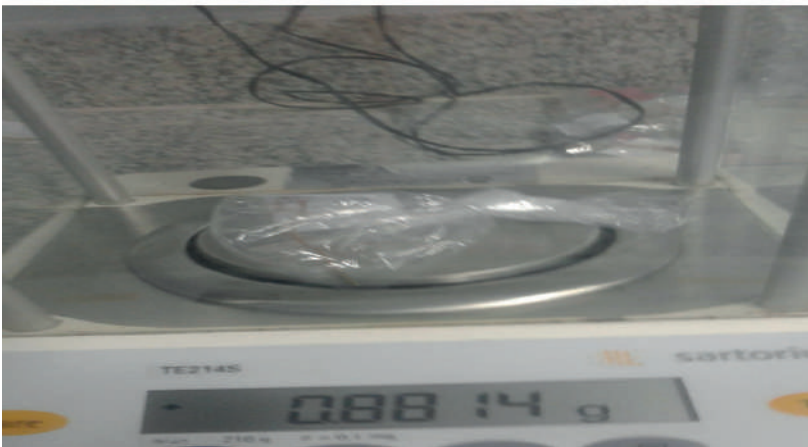
## 2.25. Toma de datos de las variables







2.26. Toma de datos de las variables: Raíz



## 2.27. Mapa de ubicación de ensayo



Punto de estudio del café a evaluar

# TOMO 1

## Estrategias para el manejo sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita **UNESUM 2022**



Publicado en Ecuador  
Marzo del 2023

Edición realizada desde el mes de diciembre del 2022 hasta marzo del año 2023, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 50, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO  
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.  
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.

# TOMO 1

## Estrategias para el manejo

sostenible del suelo y la producción cafetalera manabita

**UNESUM 2022**

### *Autores Investigadores*

Yhony Alfredo Valverde Lucio

Fernando Narciso Augusto Ayon Villao

Juan Miguel García Cabrera

Raquel Vera Velázquez

Carlos Alberto Castro Piguave

Blanca Soledad Indacochea Ganchozo

Diana Julissa Valverde Lucio

Paul Vicente Pionce Muñiz

ISBN: 978-9942-622-72-3



Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

