

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Implementación de dos tipos de barrenos para muestreo de suelos”**

**AUTOR:** Jaime Daniel Ávila Marcillo

**TUTOR:** Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

El Carmen, agosto del 2025

|                                                                                   |                                                                                            |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO:<br>CERTIFICADO DE TUTOR(A)                                           | CÓDIGO: PAT-04-F-004 |
|                                                                                   | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1          |
|                                                                                   |                                                                                            | Página 1 de 1        |

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Jaime Daniel Avila Marcillo**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de dos tipos de barrenos, para muestreo de suelos”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 8 de agosto de 2025



Ing. Nexar Vismar Cobeña Loo, Mg

**Docente Tutor**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ EXTENSIÓN  
EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

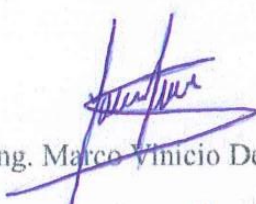
**"Implementación de dos tipos de barrenos, para muestreo de suelos"**

**AUTOR:** Jaime Daniel Avila Marcillo

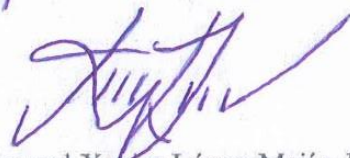
**TUTOR:** Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**



**MIEMBRO** Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, Mg.



**MIEMBRO** Ing. Francel Xavier López Mejía, Mg.



**MIEMBRO** Ing. Vivas Ceño Jorge Sifrido, Mg.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Jaime Daniel Avila Marcillo** con cédula de ciudadanía 080468878-6 estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema "Implementación de dos tipos de barrenos para muestreo de suelos" son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



**Jaime Daniel Avila Marcillo**

El Carmen, 08 de agosto del 2025

## **DEDICATORIA**

## **AGRADECIMIENTO**

"El objetivo de la educación es preparar a los jóvenes para que se eduquen a sí mismos durante toda su vida."– *Robert Maynard Hutchins*

Agradezco, con el corazón lleno de gratitud, a mis padres, Armando Ávila y Landy Marcillo, por ser el pilar firme de mi formación. Gracias por educarme con valores, por enseñarme con el ejemplo a ser un hombre de bien y por acompañarme con amor y sacrificio en cada paso de este camino. Su apoyo incondicional y su fe en mí han sido fundamentales para alcanzar este logro tan significativo.

A mi novia, Kelly Mendoza, gracias por ser esa fuerza silenciosa que siempre me alentó a continuar, aun en los momentos de mayor cansancio. Tu amor, comprensión y constancia fueron ese impulso que me motivó a no rendirme, a seguir adelante hasta culminar con éxito mi carrera.

También expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Nexar Cobeña, mi tutor, por su valiosa orientación, compromiso y confianza en cada etapa de esta investigación.

Este título de Ingeniero Agropecuario es también de ustedes, porque lo construimos juntos, con esfuerzo, paciencia y esperanza compartida.

**Jaime Daniel Ávila Marcillo**

## ÍNDICE

|                                                             |                               |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....                                 | ¡Error! Marcador no definido. |
| DEDICATORIA .....                                           | III                           |
| AGRADECIMIENTO .....                                        | V                             |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                      | VIII                          |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                      | IX                            |
| ÍNDICE DE ANEXO.....                                        | X                             |
| RESUMEN.....                                                | XI                            |
| ABSTRACT .....                                              | XII                           |
| I. CAPÍTULO .....                                           | 1                             |
| 1.1 TÍTULO .....                                            | 1                             |
| 1.2 INTRODUCCIÓN.....                                       | 1                             |
| 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                        | 2                             |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN.....                                      | 3                             |
| 1.5 OBJETIVOS.....                                          | 3                             |
| 1.6 METODOLOGÍA.....                                        | 4                             |
| 1.6.1 Localización de la unidad experimental.....           | 4                             |
| 1.6.2 Caracterización agroecológica de la zona .....        | 4                             |
| 1.6.3 MATERIALES.....                                       | 5                             |
| 1.6.4 VARIABLES DEL ESTUDIO.....                            | 5                             |
| 1.6.5 MÉTODOS.....                                          | 5                             |
| 1.7 TRATAMIENTOS .....                                      | 6                             |
| 1.7.1 Análisis estadístico .....                            | 7                             |
| 1.7.2 Método experimental .....                             | 7                             |
| CAPÍTULO II.....                                            | 9                             |
| MARCO TEÓRICO .....                                         | 9                             |
| 2.1 Importancia del muestreo en el análisis de suelos ..... | 9                             |
| 2.2 Instrumentos utilizados para el muestreo de suelos..... | 9                             |
| 2.3 Naturaleza y composición del suelo .....                | 10                            |
| 2.4 Fase del suelo .....                                    | 11                            |

|                                                                          |                                                                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------|
| 2.5                                                                      | Uso del barreno en el muestreo de suelos agrícolas .....         | 11   |
| 2.5.1                                                                    | Precauciones durante el muestreo de suelo .....                  | 13   |
| 2.5.2                                                                    | Precauciones durante el procesamiento de muestras de suelo ..... | 14   |
| 2.6                                                                      | Análisis técnico de los métodos de muestreo en campo .....       | 14   |
| 2.6.1                                                                    | Muestreo en zigzag .....                                         | 14   |
| 2.6.2                                                                    | Muestreo aleatorio .....                                         | 15   |
| 2.6.3                                                                    | Muestreo en puntos anómalos .....                                | 15   |
| 2.6.4                                                                    | Muestreo compuesto .....                                         | 15   |
| 2.7                                                                      | Técnicas de mezcla y partición de suelos en laboratorio .....    | 16   |
| ANTECEDENTES .....                                                       |                                                                  | 17   |
| INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ..... |                                                                  | 17   |
| CAPÍTULO III .....                                                       |                                                                  | 19   |
| DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....                                          |                                                                  | 19   |
| 3.1                                                                      | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....                                    | 19   |
| 3.2                                                                      | DISEÑO Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS A IMPLEMENTAR.....             | 20   |
| 3.3                                                                      | PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....                                      | 22   |
| 3.4                                                                      | DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....          | 23   |
| 3.5                                                                      | Resultados del análisis de suelo.....                            | 24   |
| 3.5.1                                                                    | Cultivo de plátano ( <i>Musa</i> AAB).....                       | 24   |
| 3.5.2                                                                    | Guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.) .....                     | 26   |
| CAPÍTULO IV .....                                                        |                                                                  | 30   |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                     |                                                                  | 30   |
| CONCLIONES .....                                                         |                                                                  | 30   |
| RECOMENDACIONES .....                                                    |                                                                  | 30   |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                          |                                                                  | XXXV |
| ANEXOS.....                                                              |                                                                  | XXXV |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Características agroecológicas de la localidad .....                                                                                                              | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> Ventajas de los métodos de muestreo en campo .....                                                                                                                | 15 |
| <b>Tabla 3.</b> Desglose de costos de adquisición y análisis de suelo .....                                                                                                       | 20 |
| <b>Tabla 4.</b> Profundidad y distancia recomendadas para el muestreo de suelo en cultivos de plátano ( <i>Musa × paradisiaca</i> ) y guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.)..... | 21 |
| <b>Tabla 5.</b> Etapas del Plan de Manejo .....                                                                                                                                   | 22 |
| <b>Tabla 6.</b> Secuencia de actividades y prueba de funcionamiento de los equipos utilizados para el muestreo de suelo (cultivos de guanábana y plátano) .....                   | 23 |
| <b>Tabla 7.</b> Comparación de medias de variables edáficas entre métodos de muestreo con barreno y pala en cultivo de plátano (prueba t de Student).....                         | 24 |
| <b>Tabla 8.</b> Análisis de indicadores edáficos complementarios en el cultivo de plátano .....                                                                                   | 25 |
| <b>Tabla 9.</b> Comparación de medias de variables edáficas entre métodos de muestreo con barreno y pala en cultivo de guanábana (prueba t de Student) .....                      | 27 |
| <b>Tabla 10.</b> Análisis de indicadores edáficos complementarios en el cultivo de guanábana .....                                                                                | 28 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización geográfica del área de estudio.....                                                          | 4  |
| <b>Figura 2.</b> Croquis de campo para realizar la muestra de estudio.....                                                 | 6  |
| Figura 3. Herramientas utilizadas en la toma de muestras de suelo .....                                                    | 10 |
| <b>Figura 4.</b> División del terreno en unidades homogéneas según la variabilidad edáfica para el muestreo compuesto..... | 12 |
| <b>Figura 5.</b> Tipos de barrenas utilizadas para el muestreo de suelos.....                                              | 13 |
| <b>Figura 6.</b> División del terreno en unidades homogéneas según la variabilidad edáfica para el muestreo compuesto..... | 14 |
| <b>Figura 7.</b> Técnica de cuarteo para homogenización de muestras de suelo .....                                         | 16 |

## ÍNDICE DE ANEXO

|                                                                                                                                                                                                                     |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Anexo 1.</b> Informe de resultados del análisis físico-químico de muestras de suelo para cultivos de plátano ( <i>Musa × paradisiaca</i> ) y guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.) realizado por el INIAP ..... | XXXV    |
| <b>Anexo 2.</b> Adquisición de barreno tomamuestras de acero inoxidable (60 cm, núcleo 2×23 cm) para muestreo de suelos agrícolas.....                                                                              | XXXVI   |
| <b>Anexo 3.</b> Muestreo de suelo con barreno en cultivo de Guanábana.....                                                                                                                                          | XXXVI   |
| <b>Anexo 4.</b> Muestreo de suelo con barreno en cultivo de plátano.....                                                                                                                                            | XXXVII  |
| <b>Anexo 5.</b> Muestreo de suelo con pala en cultivo de plátano .....                                                                                                                                              | XXXVII  |
| <b>Anexo 6.</b> Fraccionamiento del suelo muestreado para envío a análisis .....                                                                                                                                    | XXXVIII |

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la efectividad de dos métodos de muestreo de suelo: barreno de acero inoxidable y pala convencional, en cultivos de plátano (*Musa × paradisiaca*) y guanábana (*Annona muricata* L.), enfocados en obtener datos precisos para el diagnóstico nutrimental. Los tratamientos fueron T1: barreno, T2: pala, tomando muestras a una profundidad uniforme de 30 cm, a 50 cm del pseudotallo en plátano y 2,5 m del tronco en guanábana. Se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes. En plátano, con barreno se obtuvieron los siguientes valores promedio: pH (5,57),  $\text{NH}_4^+$  (14 ppm), P (7,33 ppm), K (0,56 ppm), Ca (14,83 meq/100ml), Mg (1,63 meq/100ml), Ca/Mg (9,30), Mg/K (1,15), Ca+Mg (30,3 meq/100ml) y bases totales (12,57 meq/100ml). En guanábana, los valores con barreno fueron: pH (5,63),  $\text{NH}_4^+$  (13,47 ppm), P (7,67 ppm), K (0,49 ppm), Ca (14,84 meq/100ml), Mg (1,50 meq/100ml), Ca/Mg (8,4), Mg/K (3,6), Ca+Mg (32,5 meq/100ml) y bases (13,73 meq/100ml). Aunque no todas las diferencias fueron significativas, el muestreo con barreno demostró mayor homogeneidad y menor variabilidad en los datos, permitiendo una mejor representatividad del perfil edáfico. Se concluye que el uso del barreno favorece un diagnóstico más confiable del suelo y una planificación más precisa de la fertilización.

**Palabras claves:** fertilidad, nutrientes, profundidad, absorción, homogeneidad.

## ABSTRACT

This study aimed to compare the effectiveness of two soil sampling methods stainless steel auger and conventional spade in *Musa × paradisiaca* (banana) and *Annona muricata* L. (soursop) crops, with an emphasis on obtaining accurate data for nutritional diagnosis. With two treatments (T1: auger, T2: spade). Samples were collected at a uniform depth of 30 cm, 50 cm from the pseudostem in banana and 2.5 m from the trunk in soursop. An independent samples t-test (Student's t-test) was applied to identify statistically significant differences. In banana, the auger sampling yielded the following average values: pH (5.57),  $\text{NH}_4^+$  (14 ppm), P (7.33 ppm), K (0.56 ppm), Ca (14.83 meq/100ml), Mg (1.63 meq/100ml), Ca/Mg (9.30), Mg/K (1.15), Ca+Mg (30.3 meq/100ml) and total bases (12.57 meq/100ml). In soursop, auger sampling results were: pH (5.63),  $\text{NH}_4^+$  (13.47 ppm), P (7.67 ppm), K (0.49 ppm), Ca (14.84 meq/100ml), Mg (1.50 meq/100ml), Ca/Mg (8.4), Mg/K (3.6), Ca+Mg (32.5 meq/100ml), and bases (13.73 meq/100ml). Although not all differences were statistically significant, auger-based sampling demonstrated greater homogeneity and reduced data variability, enhancing the representativeness of the soil profile. It is concluded that auger use improves the reliability of soil diagnosis and supports more precise fertilisation planning.

**Keywords:** fertility, nutrients, depth, absorption, homogeneity.

# **I. CAPÍTULO**

## **1.1 TÍTULO**

Implementación de dos tipos de barrenos para muestreo de suelos

## **1.2 INTRODUCCIÓN**

Antecedentes:

La eficiencia en la gestión nutricional de los cultivos comienza con un diagnóstico preciso del estado del suelo (Osorio & Casamitjana, 2012). En este contexto, la implementación de herramientas adecuadas para la toma de muestras, como el barreno de muestreo, resulta fundamental para garantizar la representatividad y confiabilidad de los análisis edáficos (González et al., 2021; Schweizer, 2011). Un muestreo deficiente, realizado sin metodología estandarizada, puede conducir a interpretaciones erróneas y, en consecuencia, a decisiones agronómicas ineficientes, afectando directamente la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Torri et al., 2007).

Para Rimski-Korsakov & Álvarez (2015), la estructuración de un programa de manejo nutricional debe partir del conocimiento integral del sistema de producción, lo que incluye la especie vegetal, las prácticas de manejo, y las condiciones edafoclimáticas del entorno. En este sentido, el barreno se convierte en una herramienta técnica esencial, ya que permite obtener muestras homogéneas y en profundidad adecuada, garantizando la validez de los análisis de laboratorio (Pfeiffer et al., 2008).

Históricamente, Lizcano-Toledo et al. (2017), ya advertía que muchos de los errores en los resultados del análisis de suelos no se originaban en los laboratorios, sino en una deficiente toma de muestras. Esta afirmación mantiene plena vigencia, considerando que una muestra mal tomada puede llevar a sobreestimar o subestimar la disponibilidad de nutrientes, comprometiendo la sostenibilidad del manejo agronómico (Osorio & Casamitjana, 2012). Como señala Pinot (2015), el monitoreo sistemático del suelo a través de técnicas confiables es clave para mantener su salud y productividad.

En la actualidad, el muestreo de suelos es considerado una herramienta estratégica para técnicos, agricultores, consultores e investigadores, ya que permite identificar los requerimientos específicos de fertilización, estimar el potencial productivo, y prevenir impactos ambientales asociados al uso inadecuado de insumos. Por tanto, la práctica de una correcta toma

de muestras con instrumentos apropiados, como el barreno, debe ser promovida desde la formación académica, permitiendo que los futuros profesionales desarrollen criterios técnicos sólidos para la interpretación edafológica.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El suelo representa el recurso base para cualquier actividad agrícola, ganadera, forestal e incluso civil (AMS, 2025). Su adecuado conocimiento y manejo condiciona el éxito de las prácticas productivas y la sostenibilidad del sistema. Antes de definir su uso, es imprescindible caracterizar sus propiedades físicas y químicas mediante un análisis confiable que permita establecer recomendaciones técnicas fundamentadas (Ackerson, 2022).

No obstante, una de las principales limitaciones en la interpretación de los análisis de suelo radica en la falta de representatividad de las muestras, lo cual puede deberse a una inadecuada técnica de muestreo más que a errores de laboratorio (Torri et al., 2007). En este contexto, la implementación del barreno de muestreo surge como una herramienta técnica esencial para obtener muestras homogéneas, profundas y libres de contaminación externa.

Su correcto uso contribuye significativamente a reducir la variabilidad espacial, garantizar la fidelidad de los resultados analíticos y mejorar la planificación de los programas de fertilización (Silva-Arroyave & Correa Restrepo, 2009). Sin embargo, en la práctica aún se observan deficiencias en la toma de muestras, tales como profundidad inadecuada, manipulación incorrecta del equipo o condiciones edáficas no consideradas, lo que compromete la interpretación del estado nutricional real del suelo (Diez, 1999).

Esto genera un problema técnico y económico, ya que decisiones agronómicas basadas en datos imprecisos pueden traducirse en aplicaciones incorrectas de fertilizantes, reducción de la eficiencia del uso de nutrientes, afectación a los cultivos, y un impacto negativo en la productividad y sostenibilidad del agroecosistema (Pfeiffer et al., 2008).

Por tanto, es necesario reflexionar sobre cómo la adopción de herramientas apropiadas, como el barreno, puede contribuir a optimizar el proceso de muestreo, garantizando que las muestras realmente representen las condiciones edáficas del terreno, y con ello, mejorar la eficiencia en el manejo nutricional y el rendimiento productivo del sistema agrícola.

#### **Pregunta de investigación**

¿De qué manera el uso de un barreno mejora la representatividad de las muestras de suelo y contribuye a una mayor eficiencia en los planes de fertilización en sistemas agrícolas?

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La correcta toma de muestras de suelo es un paso determinante para obtener diagnósticos precisos sobre la fertilidad edáfica y, en consecuencia, para diseñar planes de fertilización eficientes y sostenibles (Barrera et al., 2020). En este contexto, el uso del barreno como herramienta de muestreo adquiere un papel fundamental, ya que permite extraer muestras representativas en profundidad, de forma homogénea y sin contaminación, lo que reduce significativamente el margen de error en los resultados del análisis.

Frecuentemente, los errores en la interpretación del estado nutricional del suelo no se originan en los laboratorios, sino en una inadecuada metodología de muestreo (Gordon et al., 2018). Prácticas como el uso de herramientas improvisadas, la recolección superficial o la falta de uniformidad en los puntos de muestreo generan datos distorsionados, que pueden llevar a decisiones agronómicas incorrectas, como sobre fertilización, deficiencias nutricionales no detectadas, o impactos negativos en el medio ambiente (Barrera et al., 2020).

El barreno, al ser una herramienta diseñada específicamente para este fin, permite obtener una muestra que refleje fielmente las condiciones físicas y químicas del perfil del suelo (Pfeiffer et al., 2008). Esto es especialmente relevante en suelos heterogéneos o con variabilidad espacial significativa. Su uso correcto favorece un diagnóstico más preciso de las necesidades nutricionales del cultivo, optimiza el uso de fertilizantes y mejora la rentabilidad económica del sistema productivo, al tiempo que promueve una gestión sostenible del recurso suelo (Kumar et al., 2020).

Por tanto, esta investigación cobra relevancia al resaltar la importancia del barreno como una herramienta técnica clave para garantizar la confiabilidad del muestreo, mejorar la interpretación de los análisis de suelo y fortalecer las decisiones de manejo agronómico. Difundir su correcta aplicación contribuye a formar profesionales capacitados, comprometidos con la eficiencia productiva y la sostenibilidad ambiental.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **i) Objetivo general**

Evaluar la eficacia del uso del barreno en la toma de muestras de suelo para garantizar la representatividad edáfica y mejorar la eficiencia en los planes de fertilización en sistemas agrícolas.

### **ii) Objetivos específicos**

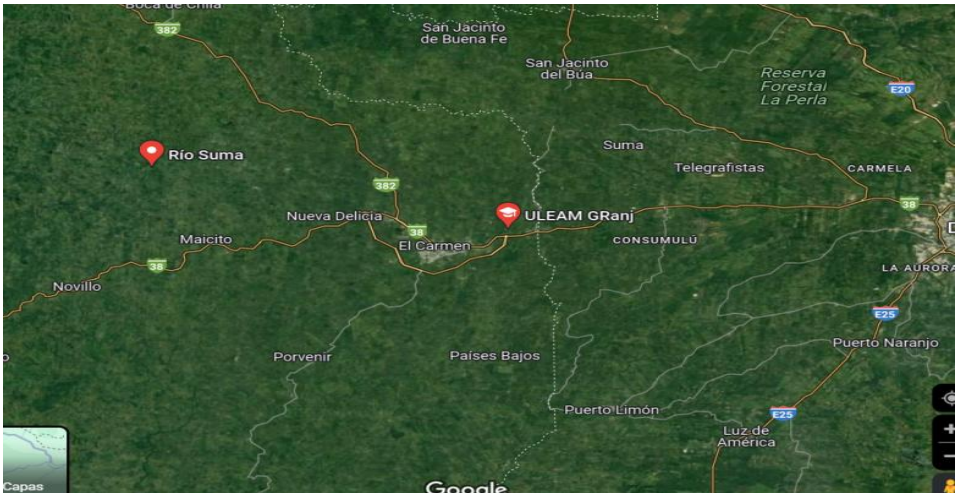
- Comparar los resultados de análisis de suelo obtenidos mediante muestreo con barreno y con métodos convencionales no estandarizados.
- Determinar cómo el uso del barreno contribuye a una interpretación más confiable del estado nutricional del suelo y al diseño de planes de fertilización más eficientes.

### 1.6 METODOLOGÍA

#### 1.6.1 Localización de la unidad experimental

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, específicamente en la Granja Experimental Río Suma, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El estudio se realizó en los lotes agrícolas destinados al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), los cuales presentan características representativas de los sistemas productivos de la región.

**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio



### **1.6.3 MATERIALES**

- Barreno manual helicoidal de acero inoxidable (80 cm de longitud y 5 cm de diámetro)
- Bolsas plásticas herméticas etiquetadas
- Recipientes plásticos para homogenización de muestras
- GPS de campo para georreferenciación
- Formatos de registro de datos
- Cinta métrica y cinta de señalización
- Equipo de laboratorio para análisis de suelos: pH-metro, conductímetro, espectrofotómetro, horno de secado, balanza analítica, entre otros.

### **1.6.4 VARIABLES DEL ESTUDIO**

#### **Variable independiente**

Método de muestreo de suelo (uso de barreno vs. método convencional con pala)

#### **Variable dependiente**

Representatividad y precisión del análisis químico del suelo, considerando parámetros como pH, materia orgánica, fósforo disponible, potasio intercambiable y nitrógeno total.

### **1.6.5 MÉTODOS**

#### **Método empírico**

Este método permitió observar de manera directa el efecto que tiene el uso del barreno en la calidad de las muestras de suelo tomadas en el cultivo de plátano (Arias & Covinos Gallardo, 2021). A través de la experiencia de campo, se evidenció cómo el empleo del barreno facilita la recolección de muestras más homogéneas, sin contaminación externa y con profundidad constante, lo cual es crucial para garantizar que las propiedades químicas evaluadas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) reflejen con mayor fidelidad la fertilidad real del suelo.

En este cultivo, la distribución del sistema radicular del plátano se concentra principalmente en los primeros 30 cm del suelo, por lo tanto, una herramienta que permita acceder uniformemente a este estrato, como el barreno, resulta esencial. Además, el uso empírico del barreno permitió identificar su eficiencia operativa en términos de tiempo, esfuerzo físico y precisión respecto al método tradicional con pala, donde la profundidad y forma del muestreo tienden a ser más variables e inconsistentes.

## **Método experimental**

Se aplicó un diseño experimental bajo condiciones controladas en campo, lo que permitió establecer una comparación rigurosa entre dos métodos de muestreo: el uso del barreno (tratamiento T1) y el método tradicional con pala (tratamiento T2). Cada tratamiento fue replicado cinco veces, garantizando la validez estadística del estudio (Hidalgo, 2005).

Este enfoque experimental permitió medir el impacto directo del método de recolección sobre las variables analizadas en laboratorio. Al mantener constante el cultivo (plátano), el tipo de suelo y las condiciones climáticas, cualquier diferencia significativa en los resultados de fertilidad puede atribuirse principalmente al tipo de herramienta de muestreo empleada. Así, el experimento buscó demostrar cómo el uso del barreno puede optimizar el diagnóstico edáfico y, por ende, contribuir a una fertilización más eficiente y sostenible.

## **Método analítico-sintético**

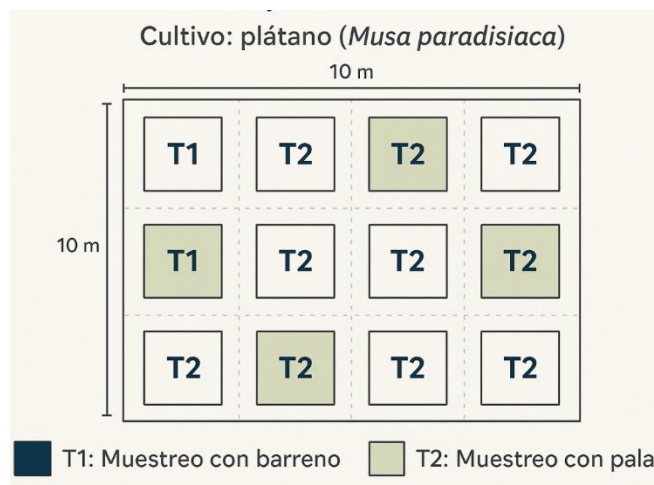
Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, se procedió a su análisis sistemático mediante técnicas estadísticas que permitieron identificar patrones, diferencias y tendencias entre los tratamientos. Se analizó cada una de las variables edáficas cuantificadas, evaluando la precisión, coherencia y consistencia de los datos obtenidos mediante ambos métodos de muestreo (Arias & Covinos Gallardo, 2021).

Posteriormente, la información se integró de manera sintética para establecer conclusiones fundamentadas sobre la eficiencia del barreno como herramienta técnica para el diagnóstico nutricional del suelo. Este método permitió también relacionar los resultados con la teoría y la experiencia práctica en sistemas productivos de plátano, concluyendo sobre su aplicabilidad, ventajas agronómicas y pertinencia como instrumento clave en planes de manejo nutricional del cultivo.

### **1.7 TRATAMIENTOS**

- T1: Muestreo con barreno
- T2: Muestreo con pala convencional

**Figura 2.** *Croquis de campo para realizar la muestra de estudio*



### 1.7.1 Análisis estadístico

Los resultados de los análisis de laboratorio se procesaron mediante el software InfoStat, aplicando la prueba t de Student para muestras independientes con el fin de determinar diferencias significativas entre los métodos de muestreo (T1 vs. T2) en cada una de las variables edáficas analizadas.

Previo a la prueba t, se verificaron los supuestos de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. En caso de incumplimiento, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann–Whitney como alternativa robusta.

Los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar, incluyendo valores de t, grados de libertad (gl), p-valor, intervalo de confianza del 95 %, y el tamaño del efecto (d de Cohen), lo que permitió valorar la magnitud y relevancia práctica de las diferencias observadas. Esta estrategia estadística robusta facilitó una evaluación precisa de la eficiencia y representatividad de los métodos de muestreo implementados en cultivos de interés agro productivo.

### 1.7.2 Método experimental

Se aplicó un diseño experimental bajo condiciones controladas en campo, lo que permitió establecer una comparación rigurosa entre dos métodos de muestreo: el uso del barreno (tratamiento T1) y el método tradicional con pala (tratamiento T2). Cada tratamiento fue replicado cinco veces, garantizando la validez estadística del estudio.

Este enfoque experimental permitió medir el impacto directo del método de recolección sobre las variables analizadas en laboratorio. Al mantener constante el cultivo (plátano), el tipo de suelo y las condiciones climáticas, cualquier diferencia significativa en los resultados de

fertilidad puede atribuirse principalmente al tipo de herramienta de muestreo empleada. Así, el experimento buscó demostrar cómo el uso del barreno puede optimizar el diagnóstico edáfico y, por ende, contribuir a una fertilización más eficiente y sostenible.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Importancia del muestreo en el análisis de suelos**

El análisis de suelos representa una herramienta técnica esencial en la evaluación de la fertilidad y el potencial productivo de los suelos en una finca, lote o región específica (Pal, 2013). Este procedimiento permite conocer diversos parámetros físico-químicos de las capas superficiales del perfil edáfico, y a partir de ellos, se pueden establecer diagnósticos precisos que orientan la planificación de programas de fertilización adaptados a las condiciones locales y al tipo de cultivo en producción (Ackerson, 2022).

Es importante destacar que, aunque suele denominarse "análisis químico de suelos", en realidad no se evalúa el perfil completo del suelo, sino únicamente una fracción representativa de sus capas más superficiales (Leroueil & Hight, 2003). Debido a la imposibilidad técnica y económica de analizar la totalidad del volumen de suelo arable estimado en aproximadamente 2.000.000 kilogramos por hectárea para una profundidad de 20 cm se recurre al muestreo como técnica que permite obtener una porción pequeña que represente fielmente al todo (Sparks et al., 2020).

Una muestra mal tomada puede inducir errores importantes en la interpretación del diagnóstico, generando recomendaciones inadecuadas que derivan en deficiencias nutricionales, baja productividad e incluso pérdidas económicas (Forster, 1995). Por ello, la correcta recolección de muestras es un paso crítico, ya que influye directamente en la fiabilidad del análisis y en la efectividad de las decisiones agronómicas posteriores (Barrera et al., 2020). La experiencia del técnico o profesional a cargo será determinante para interpretar adecuadamente los resultados y formular un plan de manejo racional y sostenible del suelo (Rimski-Korsakov & Álvarez, 2015).

#### **2.2 Instrumentos utilizados para el muestreo de suelos**

La recolección adecuada de muestras de suelo exige el uso de herramientas específicas que aseguren homogeneidad, representatividad y precisión (Torri et al., 2007). Los instrumentos seleccionados deben garantizar que cada muestra extraída tenga una profundidad uniforme y una cantidad equivalente, reduciendo así la posibilidad de sesgos en los resultados (Lizcano-Toledo et al., 2017).

Entre los elementos más comunes se encuentra el mapa del terreno o zona de muestreo, que

sirve como guía para la localización de los puntos a muestrear y facilita una distribución equitativa de las unidades de análisis (Torri et al., 2007). El machete se utiliza en zonas con abundante vegetación para facilitar el acceso al suelo. Los instrumentos de extracción como el palín, pala, barreno holandés o broca permiten obtener el suelo a la profundidad deseada, mientras que herramientas como el cuchillo son útiles para remover impurezas o cortar suelos compactos (Lizcano-Toledo et al., 2017).

Para homogenizar las muestras recolectadas se emplea un balde, donde se mezclan las submuestras individuales antes de extraer la porción final que será enviada al laboratorio. Es fundamental el uso de guantes, ya que el contacto directo con las manos puede contaminar la muestra con sales provenientes del sudor (Osman, 2012). Adicionalmente, se requieren marcadores permanentes y bolsas rotuladas, que aseguran la identificación adecuada de cada muestra, evitando errores durante el transporte y análisis (Lizcano-Toledo et al., 2017).

El cumplimiento riguroso de estas condiciones técnicas permite obtener resultados confiables, fundamentales para diseñar estrategias agrícolas eficientes y sostenibles.

Figura 3. *Herramientas utilizadas en la toma de muestras de suelo*



**Fuente:** Tomado de Lizcano Toledo et al., (2017)

### 2.3 Naturaleza y composición del suelo

El suelo es un recurso natural esencial que forma parte de la geosfera y constituye la base para el desarrollo de la vida terrestre (Gordon et al., 2018). Es un sistema complejo, dinámico y en constante transformación, compuesto por una mezcla de materiales minerales, materia orgánica, aire, agua y una gran diversidad de organismos vivos (Barrera et al., 2020). Aunque su capa superficial es delgada, cumple funciones vitales como sostener la vegetación, filtrar el agua, reciclar nutrientes y ser hábitat de una inmensa biota edáfica (Almendros et al., 1984)

Desde el punto de vista edafológico, el suelo se forma como resultado de un proceso continuo de meteorización física, química y biológica que actúa sobre la roca madre, generando capas diferenciadas denominadas horizontes (Rimski-Korsakov & Álvarez, 2015). Esta transformación se ve influenciada por cinco factores fundamentales: el clima, el material parental, el relieve, los organismos y el tiempo (Gordon et al., 2018).

## **2.4 Fase del suelo**

El suelo está estructurado en tres fases esenciales: fase sólida, fase líquida y fase gaseosa. La fase sólida está compuesta por minerales (alrededor del 95%) y materia orgánica (alrededor del 5%), donde esta última desempeña un papel crucial en la retención de nutrientes, la estructura del suelo y la actividad microbiana (Osorio & Casamitjana, 2012). La fracción mineral está dominada por compuestos de oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio, los cuales forman los minerales primarios y secundarios del suelo (Barrera et al., 2020).

La fase líquida, conocida como solución del suelo, consiste en agua con nutrientes disueltos (como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) que son absorbidos por las raíces de las plantas. Esta fase juega un rol determinante en la nutrición vegetal, ya que los procesos de adsorción e intercambio iónico entre la fase sólida y líquida regulan la disponibilidad de nutrientes (Leroueil & Hight, 2003). Además, la textura del suelo determinada por la proporción de arena, limo y arcilla afecta directamente su capacidad para retener agua y aire, lo que a su vez condiciona la actividad microbiana y la productividad agrícola (Osman, 2012).

Por su parte, la fase gaseosa del suelo contiene una mezcla de gases, donde el oxígeno y el dióxido de carbono presentan concentraciones distintas a las del aire atmosférico (Osorio & Casamitjana, 2012). Estas diferencias se deben a la actividad respiratoria de raíces y microorganismos, influyendo en la dinámica de nutrientes y la salud del suelo (Barrera et al., 2020).

Finalmente, es importante destacar que el suelo también actúa como regulador hidrológico, filtrando el agua de lluvia y recargando acuíferos, además de ser un amortiguador de contaminantes químicos y biológicos. Su conservación y manejo adecuado son fundamentales para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los agroecosistemas (FAO, 2019).

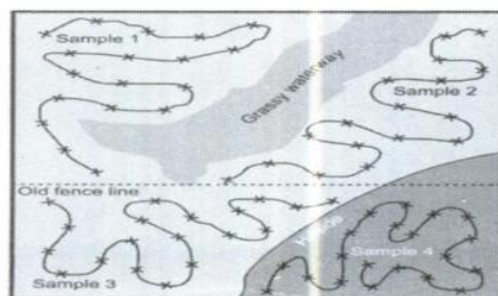
## **2.5 Uso del barreno en el muestreo de suelos agrícolas**

El análisis del suelo es una herramienta fundamental en el diagnóstico y manejo de la

fertilidad agrícola. Para garantizar la representatividad de la muestra, el instrumento utilizado en la recolección influye significativamente en la calidad del dato analítico (Carter & Gregorich, 2007). Uno de los instrumentos más antiguos y eficaces es el barreno para suelos, cuyo uso sistemático en agricultura data de mediados del siglo XX, específicamente a partir de la década de 1940, cuando comenzaron a estandarizarse los procedimientos de muestreo en Estados Unidos y Europa, en el contexto del auge de la agricultura tecnificada posterior a la Segunda Guerra Mundial (Pal, 2013).

El barreno fue introducido como solución técnica ante la necesidad de obtener muestras estratificadas, profundas y mínimamente alteradas, en comparación con los métodos manuales como la pala, que suelen presentar limitaciones en la homogenización y precisión del perfil edáfico (Forster, 1995). Su estructura cilíndrica y perforante permite extraer columnas de suelo continuas a profundidades específicas, conservando la disposición natural de horizontes, lo cual es especialmente útil para estudios de fertilidad, contaminación y dinámica de nutrientes en cultivos perennes o sistemas agroforestales (Carter & Gregorich, 2006).

**Figura 4.** *División del terreno en unidades homogéneas según la variabilidad edáfica para el muestreo compuesto*



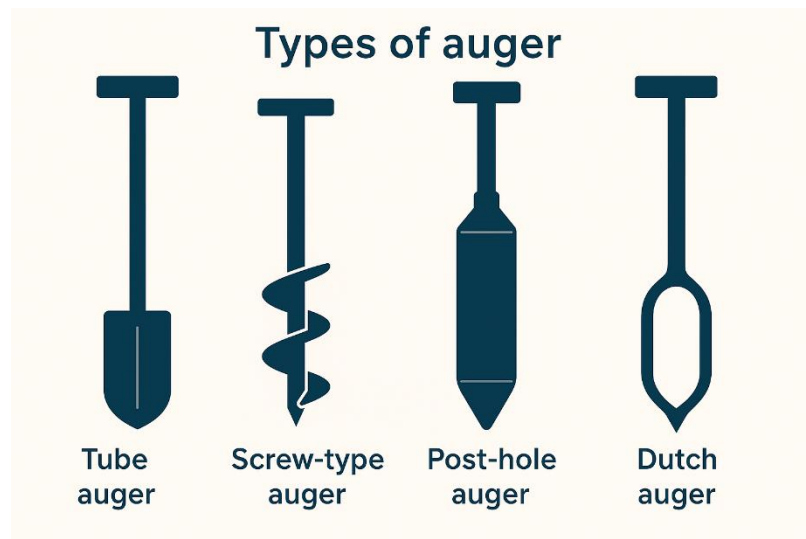
**Fuente:** tomado de Carter & Gregorich, (2006).

Desde su adopción, el barreno se ha diversificado en modelos como el barreno helicoidal, de paleta, tipo Eijkelkamp o tipo Uhland, utilizados en función de la textura del suelo, el tipo de cultivo y la profundidad deseada (Pennock et al., 2007). En agricultura tropical, su aplicación ha sido esencial para el diseño de planes de fertilización diferenciada, dado que permite evaluar con mayor precisión los niveles de nutrientes en el perfil radicular activo (Tan, 2005).

La implementación de barrenos en el muestreo agronómico responde también a la necesidad de aumentar la eficiencia operativa en campo, reducir la variabilidad del dato edáfico y mejorar la interpretación espacial de los nutrientes (Huising et al., 2012).

En comparación con el muestreo convencional mediante pala, el barreno ha demostrado generar muestras más homogéneas y menos contaminadas con materiales superficiales, lo que se traduce en una mayor fiabilidad en los análisis químicos y físicos (Sparks et al., 2020). Además, facilita la repetibilidad del muestreo en el tiempo, al permitir ingresar a la misma profundidad con precisión y menor disturbio (Pennock et al., 2007).

**Figura 5.** *Tipos de barrenas utilizadas para el muestreo de suelos*



**Leyenda:** Ilustración comparativa de los principales tipos de barrenas empleados en la toma de muestras de suelo: barrena tubular (Tube auger), barrena helicoidal (Screw-type auger), barrena para postes (Post-hole auger) y barrena holandesa (Dutch auger), utilizadas según textura y condición del terreno.

### 2.5.1 Precauciones durante el muestreo de suelo

**Representatividad del compuesto:** Cada muestra compuesta debe representar una unidad homogénea en términos de volumen y características del suelo.

**Evitar suelos recién fertilizados:** No deben tomarse muestras de suelos que hayan sido fertilizados recientemente, ya que esto puede alterar los resultados del análisis.

#### Evitar puntos anómalos

Se deben excluir zonas inusuales o anormales, como:

- Áreas cercanas a árboles.
- Zonas con acumulación de estiércol viejo.
- Depresiones del terreno.

**Muestreo entre hileras en cultivos en surcos:** En cultivos sembrados en hileras o surcos, las muestras deben tomarse entre las hileras y no directamente sobre ellas.

### 2.5.2 Precauciones durante el procesamiento de muestras de suelo

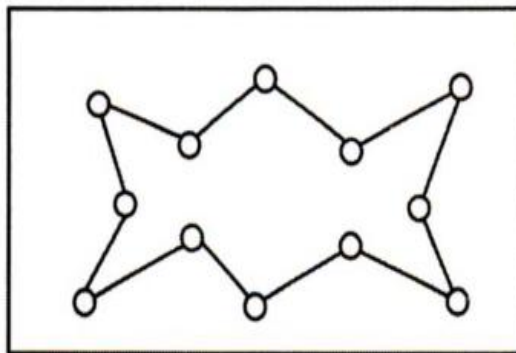
1. **Evitar la contaminación química:** Es fundamental evitar el contacto del suelo con cualquier sustancia química en cualquier etapa del muestreo.
2. **Secado a la sombra:** Las muestras deben secarse a la sombra (excepto en los casos donde se requiera análisis inmediato).
3. **Evitar el uso de morteros de hierro:** No debe utilizarse mortero de hierro para moler la muestra, ya que puede contaminarla con trazas metálicas.

## 2.6 Análisis técnico de los métodos de muestreo en campo

### 2.6.1 Muestreo en zigzag

El método de muestreo en zigzag consiste en recorrer el terreno siguiendo un patrón en forma de “Z” o “W” desde una esquina hacia la opuesta, extrayendo submuestras en puntos equidistantes (Siqueira et al., 2007). Este patrón busca maximizar la cobertura espacial sin requerir un diseño sistemático complejo.

**Figura 6.** División del terreno en unidades homogéneas según la variabilidad edáfica para el muestreo compuesto



**Fuente:** tomado de Carter & Gregorich, (2006).

Es especialmente útil en lotes homogéneos y de tamaño intermedio, ya que permite recolectar información representativa reduciendo el sesgo direccional (Ariz-Torres & Camargo-Melo, 2019). Según Siqueira et al. (2007), se recomienda dejar una franja de 2–3 m desde los bordes para evitar efectos externos.

### 2.6.2 Muestreo aleatorio

Esta técnica implica seleccionar puntos de muestreo distribuidos al azar dentro de la unidad de muestreo. Es apropiada cuando se desconoce la variabilidad del suelo o cuando no se dispone de mapas previos. Requiere asegurar que la aleatoriedad sea efectiva mediante el uso de coordenadas o grillas. Su principal fortaleza radica en eliminar el sesgo del operador, aunque puede tener limitaciones en detectar zonas con variabilidad estructural si no se incrementa el número de submuestras (Pal, 2013).

### 2.6.3 Muestreo en puntos anómalos

Se utiliza específicamente para caracterizar áreas que presentan condiciones edáficas distintas al resto del lote, como zonas con salinidad, alcalinidad, drenaje deficiente, compactación o alteraciones visibles (Pal, 2013). Estas áreas deben ser muestreadas de forma independiente y no deben incluirse en las muestras compuestas, ya que podrían distorsionar los resultados. Es fundamental en estudios diagnósticos o cuando se sospecha de contaminación localizada (Córdoba et al., 2014).

### 2.6.4 Muestreo compuesto

Consiste en la recolección de múltiples submuestras distribuidas dentro de una unidad homogénea del suelo, las cuales son mezcladas para formar una muestra única. Es el método más común en agricultura debido a su bajo costo y representatividad general (Ariz-Torres & Camargo-Melo, 2019). Se recomienda usar entre 10 y 30 submuestras, extraídas a igual profundidad y mezcladas uniformemente. Esta técnica reduce la variabilidad de análisis y optimiza el costo del procesamiento en laboratorio (Ariz-Torres & Camargo-Melo, 2019).

**Tabla 2.** *Ventajas de los métodos de muestreo en campo*

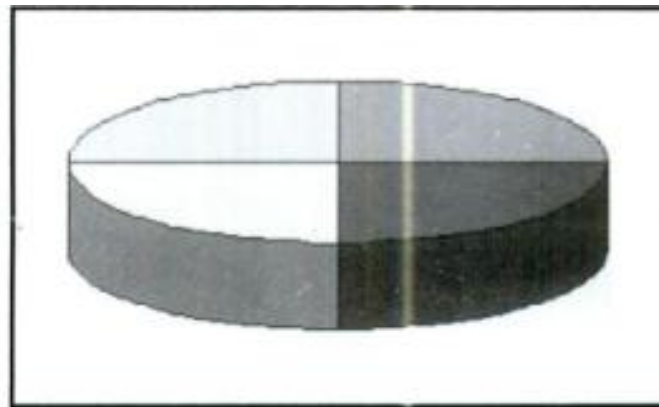
| Método de muestreo     | Características principales                                                        | Ventajas técnicas                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zigzag</b>          | Recorrido lineal cruzado en patrón “W” o “Z”                                       | Cubre el terreno de manera uniforme, fácil de aplicar, evita sesgos direccionales    |
| <b>Aleatorio</b>       | Selección de puntos mediante sorteos o coordenadas sin patrón definido             | Elimina el sesgo humano, útil en terrenos sin información previa                     |
| <b>Puntos anómalos</b> | Muestreo dirigido a zonas con características edáficas anómalas                    | Permite diagnosticar problemas específicos, ideal para monitoreo de zonas degradadas |
| <b>Compuesto</b>       | Mezcla de submuestras tomadas en zigzag o aleatorio dentro de una unidad homogénea | Aumenta la representatividad, reduce variabilidad, minimiza costos de análisis       |

## 2.7 Técnicas de mezcla y partición de suelos en laboratorio

La homogeneización y partición de las muestras de suelo son procesos esenciales para garantizar que el análisis posterior se base en una muestra verdaderamente representativa del total recolectado (Sparks et al., 2020). El procedimiento inicia con la extensión del suelo sobre una superficie plana, seguido por una mezcla sistemática usando el método de cruz diagonal, el cual se repite al menos cinco veces para lograr una distribución equitativa de los componentes (Leroueil & Hight, 2003).

A continuación, se forma una cúpula con el suelo y se divide sucesivamente en dos y luego en cuatro partes. Se eliminan dos partes opuestas y se combinan las otras dos, volviendo a realizar el procedimiento hasta alcanzar el peso deseado (Forster, 1995). Esta técnica, conocida como método de partición en cuartos, es ampliamente aceptada por su eficiencia para reducir la variabilidad de la muestra y garantizar que las porciones analizadas reflejen adecuadamente las condiciones del suelo original (Leroueil & Hight, 2003).

**Figura 7.** *Técnica de cuarteo para homogenización de muestras de suelo*



Fuente: tomado de Carter & Gregorich, (2006).

## ANTECEDENTES

### INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es un cultivo tropical de creciente relevancia en Ecuador por su valor nutricional, propiedades medicinales y potencial comercial. Su éxito productivo depende en gran medida de un manejo adecuado de la fertilización; no obstante, la información científica local sobre su impacto en la etapa inicial del cultivo es limitada. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo y número de ramas, medidas con instrumentos específicos y analizadas estadísticamente mediante ANOVA y la prueba de Tukey al 95% de confianza. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en altura y diámetro del tallo, destacando el tratamiento T1 (humus de lombriz sólido edáfico) y el tratamiento T3 (fertilizante químico 12-11-18) como los más efectivos. En contraste, la variable número de ramas no presentó diferencias estadísticas significativas. El análisis económico mostró que, si bien el fertilizante químico implica un menor costo en el corto plazo, el uso de humus de lombriz ofrece beneficios sostenibles a largo plazo, mejorando la calidad del suelo y posicionándose como una alternativa viable para prácticas agrícolas sostenibles (Armijos, 2024).

Las musáceas comestibles, como el plátano y el cambur, representan uno de los cultivos frutícolas de mayor relevancia y preferencia en el país. Con el objetivo de analizar el desarrollo y la distribución radicular de tres clones y su relación con las propiedades del suelo, se realizó un estudio en un suelo Mollic Ustifluvents de la Depresión de la Cuenca del Lago de Valencia. Se evaluaron peso fresco, longitud y tasa de crecimiento de raíces, así como propiedades físicas y químicas del suelo, en tres etapas del cultivo (3, 6 y 9 meses después de la siembra). Los clones estudiados fueron ‘Brasilero’ (*Musa* AAA), ‘Pelipita’ (*Musa* ABB) y ‘Harton’ (*Musa* AAB). En los tres casos, las raíces se concentraron principalmente en la capa aluvial superficial, con menor desarrollo en las capas lacustrinas más profundas. La profundidad efectiva máxima fue de 37 cm, lo que limitó el anclaje y el desarrollo radicular (Rodríguez et al., 2004).

En un estudio comparativo publicado en la *European Journal of Soil Science*, se evaluó la eficiencia del muestreo con augur gouge frente al uso de pala convencional para caracterización físico-química del suelo. Los resultados demostraron que el barreno garantizaba muestras más consistentes, menor variabilidad y representación más fiel de la franja arable (Ackerson, 2022). Esto respalda su uso para obtener datos precisos en análisis de fertilidad y pH.

La publicación de la University of Idaho Extension señala que errores en fertilización

surgen principalmente por procedimientos incorrectos de muestreo; el uso de muestreo tipo soil probe o barreno mejora la calidad y representatividad de las muestras, reduciendo errores en las recomendaciones de fertilización basadas en análisis edáficos (Carter & Gregorich, 2007).

Según la Research Repository de West Virginia University, los sondas o core samplers permiten recogida de muestras intactas y continuas, disminuyendo la perturbación edáfica y evitando contaminación cruzada. Esto se traduce en diagnósticos más precisos de densidad aparente, pH y contenido de nutrientes (Rayburn & Basden, 2014).

Un análisis técnico sobre muestreo con barreno rotativo (auger drilling) destaca que la eficiencia de extracción depende de la relación entre velocidad de penetración y rotación, pero en condiciones controladas, este método asegura bloques cilíndricos homogéneos, esenciales para análisis repetibles y comparables (Feng et al., 2009).

Un artículo de la industria agrícola (AMS, Inc.) resalta que las herramientas modernas como soil augers y probes garantizan muestreo uniforme a distintas profundidades y permiten reducir errores en la estimación de nutrientes y pH, en comparación con métodos manuales tradicionales como la pala. Esto se traduce en diagnósticos más fiables para la gestión agronómica (AMS, 2025).

La formulación de un programa de fertilización y mejoramiento del suelo requiere conocer sus características físicas y químicas, así como su historial de uso. Dado que las propiedades químicas no pueden evaluarse únicamente de forma sensorial, es indispensable realizar análisis con métodos adecuados. Estos tienen dos propósitos fundamentales: identificar limitantes que restrinjan el rendimiento del cultivo y determinar la disponibilidad de nutrientes para definir la necesidad, dosis y fuente de fertilizantes, así como prever posibles aplicaciones foliares durante el ciclo del cultivo. La interpretación de los resultados permite establecer si existen restricciones químicas o físicas, como salinidad o deficiencias estructurales, que requieran lavado o la incorporación de mejoradores. Cuando las limitaciones no pueden eliminarse, se diseñan estrategias de manejo para optimizar la productividad dentro de las condiciones naturales del suelo (Castellanos, 2010).

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para la recolección de las muestras de suelo se establecieron dos tratamientos diferenciados según el tipo de herramienta utilizada: T1 (muestreo con barreno) y T2 (muestreo con pala convencional). Ambos tratamientos fueron aplicados en los cultivos de guanábana (*Annona muricata* L.) y plátano (*Musa × paradisiaca*), respetando las profundidades sugeridas para evaluar la franja arable y activa del perfil edáfico. En el cultivo de guanábana, las muestras fueron tomadas a una profundidad de 30 cm y a una distancia de 2,5 m del tronco, en concordancia con la distribución del sistema radical de árboles frutales tropicales. En el caso del plátano, se muestreó a una profundidad de 30 cm y a una distancia de 50 cm del pseudotallo, zona reconocida como la más representativa del sistema radicular activo.

Para el tratamiento T1, se utilizó un barreno toma muestras de acero inoxidable con una longitud total de 60 cm y núcleo de 2 × 23 cm, que permitió extraer cilindros de suelo homogéneos sin alterar su estructura física. Este equipo facilitó una penetración precisa y una extracción uniforme del perfil del suelo, especialmente útil en condiciones de compactación o heterogeneidad superficial.

En el tratamiento T2 se empleó una pala convencional, permitiendo la recolección del suelo mediante cortes en forma de “X”, con un espaciamiento entre sitios de muestreo aproximado de 7 a 8 m. En áreas con abundante cobertura de arvenses, se realizó previamente el despeje con machete para facilitar el acceso a la superficie. Las submuestras recolectadas se depositaron en un balde, fueron homogeneizadas manualmente y reducidas por el método de cuarteo hasta obtener una muestra representativa para el análisis. Finalmente, se garantizaron condiciones adecuadas para el manejo de las muestras: uso de guantes durante la recolección, rotulación precisa de bolsas y traslado inmediato al laboratorio, asegurando la trazabilidad y minimizando el riesgo de contaminación.

El total invertido en la adquisición de herramientas y servicios para la toma y análisis de muestras de suelo fue de 257,69 dólares estadounidenses, distribuido en cuatro componentes principales. El rubro con mayor peso fue la adquisición del barreno toma muestra de acero inoxidable (60 cm, núcleo de 2×23 cm), con un costo de 140,00 USD, lo que representa aproximadamente el 54,3 % del total. Esta herramienta especializada garantiza una extracción

precisa y homogénea, clave para obtener datos fiables en el análisis de fertilidad del suelo (Tabla 3).

El segundo gasto más representativo correspondió al análisis de ocho muestras de suelo en el laboratorio del INIAP, con un valor de 105,34 USD (incluyendo IVA), equivalente al 40,9 % del total. Este servicio contempló la evaluación de parámetros esenciales como pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, fundamentales para la elaboración de recomendaciones agronómicas ajustadas a las condiciones del suelo. Por otra parte, se consideró el costo de logística y transporte del equipo, con un valor de 4,35 USD (1,7 % del total), necesario para la entrega del barreno al sitio de muestreo (Tabla 3).

Finalmente, se incluyó el valor de una pala convencional empleada en el tratamiento T2 del estudio, con un costo de 8,00 USD, representando el 3,1 % del total. Esta herramienta fue utilizada como método comparativo frente al barreno, permitiendo evaluar diferencias en representatividad y eficiencia del muestreo. En conjunto, la distribución de los costos muestra un enfoque técnico equilibrado entre inversión en equipamiento durable, servicios de análisis y herramientas auxiliares, asegurando tanto la calidad metodológica como la validez de los resultados obtenidos (Tabla 3).

**Tabla 3.** *Desglose de costos de adquisición y análisis de suelo*

| Concepto                                                 | Proveedor           | Comprobante (fecha) | Valor (USD)   |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Barreno tomamuestra de acero inoxidable (60 cm, 2×23 cm) | Tecnoindustry       | Factura 03/06/2025  | 140,00        |
| Servicio logístico (envío del barreno)                   | Tecnoindustry       | Factura 03/06/2025  | 4,35          |
| Análisis de 8 muestras de suelo (pH, N, P, K, Ca, Mg)    | INIAP – Pichilingue | Proforma 07/07/2025 | 105,34        |
| Pala convencional para muestreo                          | Ferretería local    | Factura (s/f)       | 8,00          |
| <b>TOTAL</b>                                             |                     |                     | <b>257,69</b> |

### 3.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS A IMPLEMENTAR

Para el presente estudio se estableció un diseño completamente al azar (DCA), con dos tratamientos definidos según el instrumento empleado en la toma de muestras de suelo:

- T1: Muestreo con barreno tomamuestra de acero inoxidable
- T2: Muestreo con pala convencional

Ambos tratamientos se aplicaron de manera independiente en dos cultivos perennes: guanábana (*Annona muricata*) y plátano (*Musa paradisiaca*), seleccionados por su importancia agroproductiva y su distribución radicular diferenciada.

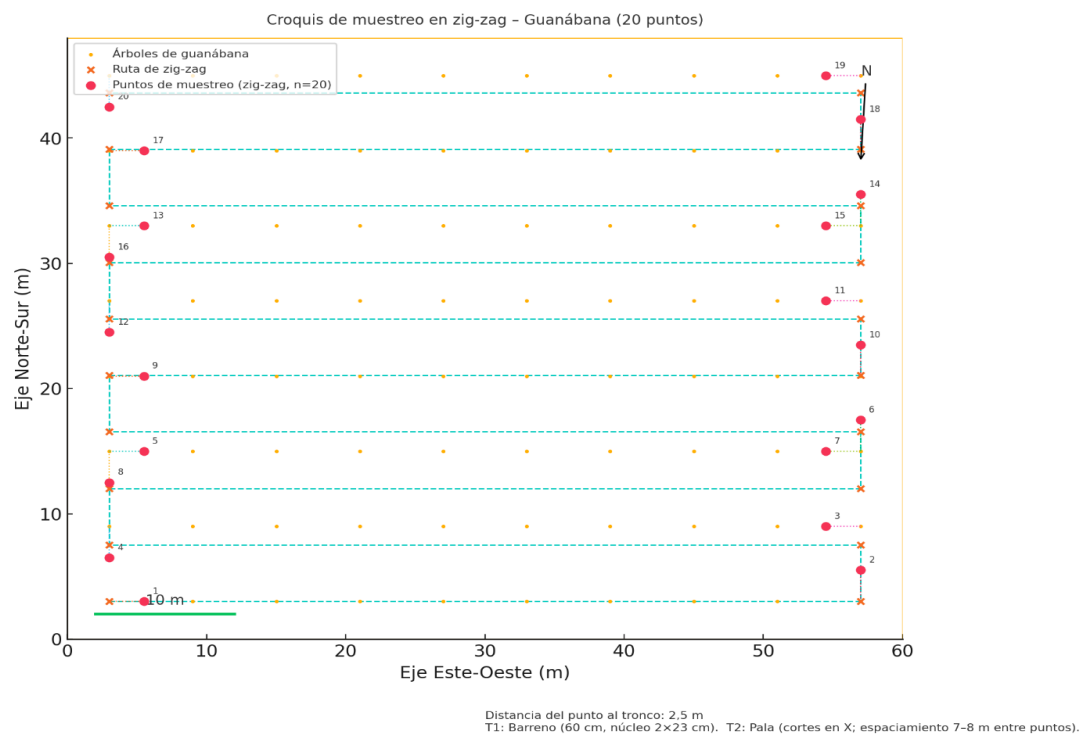
**Tabla 4.** Profundidad y distancia recomendadas para el muestreo de suelo en cultivos de plátano (*Musa × paradisiaca*) y guanábana (*Annona muricata* L.)

| Cultivo                                | Profundidad de muestreo | Distancia del tronco / pseudotallo                                |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Plátano ( <i>Musa × paradisiaca</i> )  | 30 cm (zona arable)     | 20–40 cm de distancia para capturar zona radicular activa         |
| Guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.) | 30 cm                   | 1,5–2,5 m del tronco para representar zona de absorción principal |

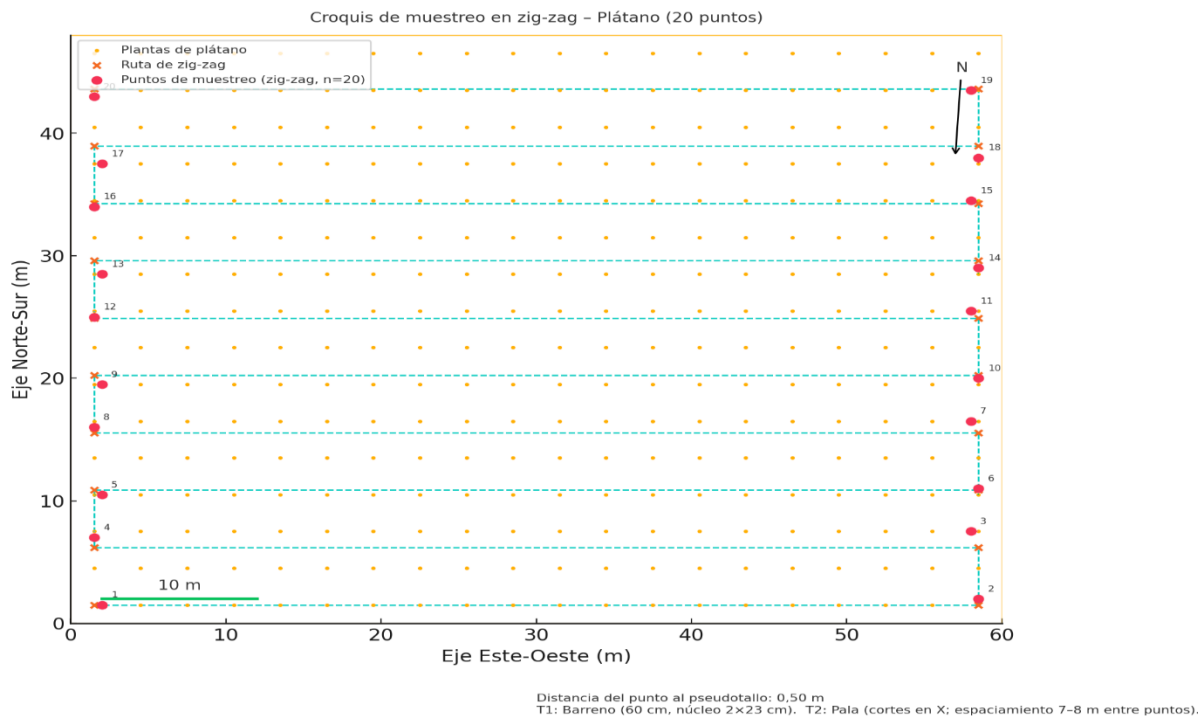
La selección de tecnologías consideró la precisión y representatividad de los datos edáficos. Para ello, se utilizó: Un barreno tomamuestra (núcleo de 2×23 cm, longitud total 60 cm), fabricado en acero inoxidable, que garantizó extracción uniforme y sin alteraciones físicas ni químicas.

Una pala convencional como método tradicional, lo que permitió comparar su eficiencia frente al uso de herramientas especializadas. Accesorios complementarios como guantes, baldes, bolsas rotuladas, cuchillos y marcadores, que facilitaron la recolección, homogenización y conservación de las muestras.

**Figura 8.** Croquis de muestreo en zig-zag en el cultivo de Guanábana



**Figura 9.** *Croquis de muestreo en zig-zag en el cultivo de Guanábana*



**3.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN**

La implementación de este plan permite una evaluación integral de las condiciones edáficas, considerando tanto la precisión de las herramientas como la representatividad espacial del muestreo. El uso del barreno asegura uniformidad y mínima alteración del perfil edáfico, mientras que el muestreo con pala representa una alternativa accesible, útil para comparaciones metodológicas.

La selección de dos cultivos perennes con raíces de comportamiento distinto fortalece la robustez del análisis, aportando datos críticos para el diseño de estrategias de fertilización diferenciadas.

**Tabla 5.** *Etapas del Plan de implementación*

| Etap                      | Actividad                        | Descripción Técnica                                                                                                           | Responsables           | Recurso Utilizado          |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Planificación             | Selección de cultivos y parcelas | Se definieron dos sistemas productivos: guanábana y plátano, priorizando lotes con representatividad agronómica.              | Técnico investigador   | Croquis de campo, GPS      |
| Selección de tratamientos | Definición de método de muestreo | Se aplicaron dos tratamientos: T1 (muestreo con barreno) y T2 (muestreo con pala), diferenciados por el instrumento empleado. | Investigador principal | Barreno, pala convencional |

| <b>Etapas</b>                    | <b>Actividad</b>                   | <b>Descripción Técnica</b>                                                                                                                         | <b>Responsables</b>    | <b>Recurso Utilizado</b>                      |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Recolección de materiales</b> | Verificación de herramientas y EPP | Se inventariaron barreno de acero inoxidable, pala, guantes, bolsas rotuladas, balde y cinta de teflón. Se revisaron condiciones físicas.          | Asistente técnico      | Kit de muestreo, guantes, etiquetas           |
| <b>Toma de muestras</b>          | Extracción de suelo en campo       | Se realizaron 20 submuestras por cultivo bajo patrón en zigzag, a 20 cm de profundidad. Distancia del tronco: 2,5 m (guanábana) y 0,5 m (plátano). | Equipo de campo        | Barreno/pala, balde, bolsas                   |
| <b>Homogeneización y cuarteo</b> | Reducción de muestra               | Las submuestras fueron mezcladas manualmente y reducidas por cuarteo hasta obtener 500 g representativos.                                          | Técnico de laboratorio | Balde plástico, cuchilla de corte             |
| <b>Almacenamiento y envío</b>    | Conservación y traslado            | Se utilizaron bolsas plásticas rotuladas y selladas. Las muestras fueron transportadas a INIAP-Pichilingue para análisis de pH, N, P, K, Ca y Mg.  | Responsable logístico  | Hielera portátil, etiquetas, guía de remisión |

### 3.4 DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

**Tabla 6.** *Secuencia de actividades y prueba de funcionamiento de los equipos utilizados para el muestreo de suelo (cultivos de guanábana y plátano)*

| <b>Descripción</b>                          | <b>Funcionamiento</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Imagen</b>      |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Recepción e inventario de materiales</b> | Se verificó la disponibilidad del barreno toma muestras de acero inoxidable (60 cm, núcleo de 2×23 cm), la pala convencional, guantes, bolsas plásticas rotuladas, cinta de teflón y balde para homogeneización. Se revisó el estado físico de los equipos, confirmando su operatividad. | <i>Ver anexo 3</i> |
| <b>Preparación del equipo</b>               | Se ensambló el barreno y se probó su inserción en suelo suelto y compacto para verificar resistencia y profundidad de extracción. En el caso de la pala, se comprobó el filo de corte y facilidad de penetración mediante cruces en forma de “X”.                                        | <i>Ver anexo 3</i> |
| <b>Ejecución del muestreo</b>               | Se realizaron 20 submuestras por cultivo. Con el barreno se obtuvo una muestra cilíndrica intacta, mientras que con la pala se extrajo porciones del suelo arable. Se respetaron las distancias específicas al tronco (2,5 m en guanábana, 0,5 m en plátano).                            | <i>Ver anexo 4</i> |
| <b>Homogeneización y cuarteo</b>            | Las submuestras fueron mezcladas en baldes y posteriormente reducidas mediante cuarteo, seleccionando una porción representativa (500 g) para análisis.                                                                                                                                  | <i>Ver anexo 5</i> |

| Descripción                          | Funcionamiento                                                                                                                                                                                                                       | Imagen             |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Empaque y rotulado</b>            | Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas limpias, rotuladas con código, cultivo y fecha. Se almacenaron en condiciones que evitaron contaminación o degradación hasta su traslado al laboratorio.                           | <i>Ver anexo 6</i> |
| <b>Evaluación del funcionamiento</b> | Ambos equipos permitieron cumplir con los criterios de representatividad, precisión y trazabilidad. El barreno ofreció mayor uniformidad estructural en las muestras; la pala presentó buena operatividad en suelos menos compactos. | <i>Ver anexo 7</i> |

### 3.5 Resultados del análisis de suelo

#### 3.5.1 Cultivo de plátano (*Musa* AAB)

Con base en los resultados mostrados en la Tabla 7 y Tabla 8, se aplicó la prueba t de Student para comparar las medias obtenidas en variables edáficas clave entre dos métodos de muestreo: barreno (grupo 1) y pala (grupo 2). A continuación, se analizan los hallazgos por variable:

**Tabla 7.** Comparación de medias de variables edáficas entre métodos de muestreo con barreno y pala en cultivo de plátano (prueba t de Student)

| Variable              | Gru 1   | Gru 2 | Med (1) | Med (2) | Med (1)-Med (2) | pHomVa  | T     | p-valor |
|-----------------------|---------|-------|---------|---------|-----------------|---------|-------|---------|
| pH                    | Barreno | Pala  | 5,57    | 5,6     | -0,03           | 0,6     | -0,32 | 0,7676  |
| NH <sup>4</sup> (ppm) | Barreno | Pala  | 14      | 12,67   | 1,33            | 0,5     | 2     | 0,1161  |
| P (ppm)               | Barreno | Pala  | 7,33    | 7,67    | -0,33           | >0,9999 | -0,71 | 0,5185  |
| K (ppm)               | Barreno | Pala  | 0,56    | 0,9     | -0,34           | 0,6907  | -0,29 | 0,7888  |
| Ca (meq/100ml)        | Barreno | Pala  | 14,83   | 16,33   | -1,5            | 0,069   | -1,67 | 0,1700  |
| Mg (meq/100ml)        | Barreno | Pala  | 1,63    | 1,33    | 0,33            | 0,069   | -1,67 | 0,1700  |

**Nota.** T: Es el valor del estadístico de la prueba t de Student; p-valor (o p var): Es la probabilidad de que esa diferencia se deba al azar; pHomVar: Es el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas (como Levene).

En el cultivo de plátano (*Musa × paradisiaca*), los resultados del análisis de suelo mostraron que el uso del barreno ofreció ventajas en la homogeneidad y precisión de los datos obtenidos. El pH fue muy similar entre tratamientos (5,57 con barreno y 5,60 con pala), con una diferencia mínima de -0,03 sin significancia estadística ( $p = 0,7676$ ), lo que indica estabilidad entre métodos (Tabla 7).

En cuanto al amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), el barreno registró 14 ppm frente a 12,67 ppm con pala, reflejando una mayor detección de este nutriente volátil, aunque sin diferencias significativas ( $p = 0,1161$ ). Para fósforo (P), la pala mostró valores ligeramente superiores (7,67 ppm vs. 7,33 ppm), con una diferencia de -0,33 sin significancia ( $p = 0,5185$ ). El potasio (K) presentó una

diferencia de -0,34 ppm (0,56 con barreno vs. 0,90 con pala), también sin significancia ( $p = 0,7888$ ), sugiriendo posible sobreestimación por disturbios durante la toma con pala (Tabla 7).

En calcio (Ca), los valores fueron mayores con pala (16,33 meq/100ml) que con barreno (14,83 meq/100ml), con una diferencia de -1,50 ( $p = 0,1700$ ), lo cual podría deberse a una mayor heterogeneidad de la muestra. Finalmente, el magnesio (Mg) fue más alto en las muestras tomadas con barreno (1,63 vs. 1,33 meq/100ml), con una diferencia de 0,30 ( $p = 0,1700$ ), reflejando una mayor eficiencia del barreno para recuperar cationes intercambiables en condiciones controladas (Tabla 7).

Aunque no todas las diferencias fueron estadísticamente significativas, se evidencian tendencias claras que respaldan el uso del barreno como método más fiable y representativo para el diagnóstico edáfico en plátano.

**Tabla 8.** *Análisis de indicadores edáficos complementarios en el cultivo de plátano*

| Variable          | Grupo 1 | Grupo 2 | Med (1) | Med (2) | Med (1)-Med (2) | pHomVar | T     | p-valor |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|-------|---------|
| Ca/ Mg            | Barreno | Pala    | 9,30    | 6,6     | 2,70            | 0,9439  | 1,43  | 0,507   |
| Mg /K             | Barreno | Pala    | 1,15    | 1,25    | -0,1            | 0,5858  | -1,9  | 0,154   |
| Ca+Mg             | Barreno | Pala    | 30,3    | 26,1    | 4,2             | 0,0548  | 2,07  | 0,1077  |
| K (meq/100ml)     | Barreno | Pala    | 3,04    | 2,63    | 0,41            | 0,8439  | 1,43  | 0,227   |
| Bases (meq/100ml) | Barreno | Pala    | 12,57   | 15,2    | -2,63           | 0,0875  | -1,93 | 0,1253  |

**Nota.** T: Es el valor del estadístico de la prueba t de Student; p-valor (o p var): Es la probabilidad de que esa diferencia se deba al azar; pHomVar: Es el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas (como Levene).

En el cultivo de plátano (*Musa × paradisiaca*), los resultados obtenidos para los indicadores edáficos complementarios muestran que el uso del barreno permitió valores más elevados y consistentes en comparación con la pala. Para la relación Ca/Mg, el método con barreno registró una media de 9,30 frente a 6,60 con pala, evidenciando una diferencia de 2,70 unidades, aunque sin significancia estadística ( $p = 0,507$ ).

En la relación Mg/K, la pala obtuvo un valor ligeramente mayor (1,25) frente a 1,15 del barreno, con diferencia negativa de -0,10 y un valor de  $p = 0,154$ . En cuanto a la suma de calcio y magnesio (Ca+Mg), el barreno arrojó 30,3 meq/100ml, superior a los 26,1 meq/100ml de la pala, con una diferencia de 4,2 unidades ( $p = 0,1077$ ), lo que sugiere una tendencia relevante, aunque no significativa. Para el potasio, se observó un valor de 3,04 meq/100ml con barreno y 2,63 con pala, diferencia de 0,41 ( $p = 0,227$ ) (Tabla 8).

Finalmente, la suma total de bases fue mayor con barreno (12,57 meq/100ml) frente a 15,2 meq/100ml con pala, siendo esta diferencia de -2,63 ( $p = 0,1253$ ), indicando una ligera variabilidad. En general, estos resultados respaldan que el barreno proporciona datos más estables y homogéneos, lo que puede ser fundamental para una interpretación más precisa del estado nutricional del suelo, especialmente en parcelas con alta heterogeneidad edáfica (Tabla 8).

La suma de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^{+}$ ) mostró variabilidad entre los métodos, siendo más estable y homogénea cuando se utilizó el barreno. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que el barreno reduce la variación introducida por el operario y mejora la precisión del muestreo en suelos heterogéneos. Tal como señalan Siqueira et al. (2007), la obtención de muestras representativas es un factor clave en la interpretación del estado químico del suelo. En consecuencia, un método estandarizado como el uso de barreno favorece la generación de datos consistentes, fundamentales para recomendaciones agronómicas confiables y sostenibles (Carter & Gregorich, 2007) (Tabla 8).

El muestreo con barreno permitió obtener perfiles verticales intactos de suelo, lo cual es especialmente valioso en cultivos perennes como el plátano, donde la distribución de nutrientes en profundidad es crítica para el crecimiento radicular (Tan, 2005). A diferencia del método convencional con pala, el barreno minimiza la alteración física y evita la contaminación cruzada entre horizontes edáficos.

Esto coincide con lo reportado por Lizcano-Toledo et al. (2017), quien destaca la relevancia de la integridad estructural en la muestra para lograr diagnósticos realistas. Por tanto, la incorporación del barreno como herramienta rutinaria en análisis de fertilidad mejora la calidad de la información para la toma de decisiones técnicas.

### **3.5.2 Guanábana (*Annona muricata* L.)**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis químico del suelo correspondiente al cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.), considerando las medidas de profundidad previamente establecidas para el muestreo, las cuales fueron uniformes en ambos tratamientos. Las muestras fueron recolectadas mediante dos métodos: barreno y pala, aplicados sobre la capa arable del suelo, con el fin de evaluar su efecto sobre la precisión de los resultados obtenidos.

El pH del suelo mostró valores similares entre los métodos, siendo de 5,63 con barreno y 5,97 con pala, con una diferencia de -0,33 unidades y un p-valor de 0,6263, lo que indica que no existieron diferencias estadísticamente significativas. No obstante, el barreno presentó menor dispersión, lo que sugiere mayor estabilidad en la medición de la acidez edáfica. Para el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), se observó un valor de 13,47 ppm con barreno frente a 14,65 ppm con pala. Aunque la diferencia fue de -1,18 ppm, el resultado fue significativo ( $p = 0,0482$ ), lo que sugiere que el barreno proporciona valores más representativos y menos influenciados por residuos de fertilizantes o materia orgánica superficial (Tabla 9).

En cuanto al fósforo (P), los valores fueron de 7,67 ppm con barreno y 9 ppm con pala, con una diferencia de -1,33 ppm. Aunque no se obtuvo una significancia estadística ( $p = 0,1161$ ), se evidencia una tendencia a sobreestimación cuando se emplea la pala. El potasio (K) también mostró diferencias, con 0,49 ppm para barreno y 0,60 ppm para pala, sin diferencias significativas ( $p = 0,6297$ ), pero nuevamente con mayor consistencia en los datos recolectados con barreno. En el caso del calcio (Ca), se registraron 14,84 meq/100ml con barreno y 14,13 meq/100ml con pala. La diferencia fue de 0,70 unidades sin significancia estadística ( $p = 0,7224$ ), sin embargo, la homogeneidad en los datos del barreno respalda su eficacia para obtener muestras más representativas (Tabla 9).

Finalmente, el magnesio (Mg) presentó una diferencia de 0,47 meq/100ml, con valores de 1,50 en barreno y 1,03 en pala, lo cual también fue no significativo ( $p = 0,6297$ ), aunque nuevamente se observa una tendencia a menor dispersión con el uso del barreno (Tabla 9). En conjunto, los resultados resaltan que, aunque no todas las variables presentaron diferencias significativas, el uso del barreno reduce la variabilidad y mejora la representatividad del perfil edáfico, lo cual es esencial para diagnósticos más confiables y eficientes en la planificación de fertilización.

**Tabla 9.** Comparación de medias de variables edáficas entre métodos de muestreo con barreno y pala en cultivo de guanábana (prueba *t* de Student)

| Variable              | Grupo 1 | Grupo 2 | Med (1) | Med (2) | Med (1)-Med (2) | pHomVar | T     | p-valor |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|-------|---------|
| pH                    | Barreno | Pala    | 5,63    | 5,97    | -0,33           | 0,026   | -0,57 | 0,6263  |
| $\text{NH}_4^+$ (ppm) | Barreno | Pala    | 13,47   | 14,65   | -1,18           | 0,7319  | -2,81 | 0,0482  |
| P (ppm)               | Barreno | Pala    | 7,67    | 9       | -1,33           | 0,5     | -2    | 0,1161  |
| K (ppm)               | Barreno | Pala    | 0,49    | 0,6     | -0,11           | 0,0203  | -0,56 | 0,6297  |
| Ca (meq/100ml)        | Barreno | Pala    | 14,84   | 14,13   | 0,7             | 0,0191  | 0,41  | 0,7224  |
| Mg (meq/100ml)        | Barreno | Pala    | 1,50    | 1,03    | 0,47            | 0,0203  | -0,56 | 0,6297  |

**Nota.** T: Es el valor del estadístico de la prueba *t* de Student; p-valor (o *p* var): Es la probabilidad de que esa diferencia se deba al azar; pHomVar: Es el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas (como Levene).

La relación Ca/Mg presentó un valor de 8,4 en el método con barreno y 7,27 en el método con pala, reflejando una diferencia de 1,13 unidades. Aunque el valor de p fue 0,2733, lo cual no indica significancia estadística, se evidencia una ligera tendencia hacia una mejor proporción catiónica con el barreno, importante para evitar desequilibrios en la absorción de nutrientes. En la variable Mg/K, se registró una diferencia de 1,37 unidades (3,6 con barreno vs. 2,23 con pala), con un valor de  $p = 0,0942$ , el más cercano a la significancia estadística. Este indicador es relevante ya que una baja proporción puede afectar negativamente la absorción de magnesio en presencia de potasio elevado, lo que resalta la utilidad del barreno para captar este comportamiento (Tabla 10).

La suma Ca + Mg mostró valores de 32,5 meq/100ml con barreno y 31,52 con pala, con una diferencia de 0,98 unidades y un valor de  $p = 0,5715$ . Aunque no fue significativa, este dato respalda la ligera superioridad del barreno en la recuperación del perfil catiónico. Por su parte, la suma total de bases intercambiables también fue más alta en muestras con barreno (13,73 meq/100ml) respecto a la pala (12,67 meq/100ml), con una diferencia de 1,07 y un valor de  $p = 0,221$ . Estos resultados en conjunto refuerzan que el muestreo con barreno tiende a recuperar de forma más precisa y menos dispersa los elementos del complejo de cambio, lo que favorece diagnósticos edáficos más confiables para una planificación agronómica eficiente (Tabla 10).

**Tabla 10.** *Análisis de indicadores edáficos complementarios en el cultivo de guanábana*

| Variable            | Gru 1   | Gru 2 | Med (1) | Med (2) | Med (1)-Med (2) | pHomVar | T    | p-valor |
|---------------------|---------|-------|---------|---------|-----------------|---------|------|---------|
| Ca/Mg               | Barreno | Pala  | 8,4     | 7,27    | 1,13            | 0,1086  | 1,27 | 0,2733  |
| Mg /K(meq/100ml)    | Barreno | Pala  | 3,6     | 2,23    | 1,37            | 0,0511  | 2,19 | 0,0942  |
| Ca + Mg (meq/100ml) | Barreno | Pala  | 32,5    | 31,52   | 0,98            | 0,7837  | 0,62 | 0,5715  |
| Bases (meq/100ml)   | Barreno | Pala  | 13,73   | 12,67   | 1,07            | 0,0533  | 1,45 | 0,221   |

**Nota.** T: Es el valor del estadístico de la prueba t de Student; p-valor (o p var): Es la probabilidad de que esa diferencia se deba al azar; pHomVar: Es el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas (como Levene).

La determinación precisa del pH del suelo es esencial para interpretar la disponibilidad nutrimental y el comportamiento de los fertilizantes (Leroueil & Hight, 2003). En este estudio, aunque no se identificaron diferencias significativas entre métodos, el uso del barreno permitió una extracción más uniforme y libre de residuos orgánicos, lo que asegura una lectura más exacta del pH en la zona radicular activa del cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.).

Como señala Ackerson, (2022) el pH determina la solubilidad de macro y micronutrientes, por lo que una medición errónea podría inducir a una fertilización incorrecta o ineficiente. La diferencia significativa observada en el contenido de amonio evidencia cómo el tipo de herramienta puede alterar la calidad del diagnóstico. El muestreo con barreno protege la

integridad de la muestra al evitar la exposición del nitrógeno amoniacal a pérdidas por volatilización o contaminación superficial (Tan, 2005).

En suelos cultivados con guanábana (*Annona muricata* L.), esta precisión es vital para ajustar el suministro de nitrógeno a las necesidades reales del cultivo, evitando excesos o deficiencias que impacten la productividad. Esto valida el uso del barreno como método técnico para obtener resultados más representativos y confiables (Sparks et al., 2020).

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- El análisis comparativo evidenció diferencias en las concentraciones de nutrientes entre los métodos de muestreo, destacando que el uso del barreno arrojó datos más consistentes y homogéneos, permitiendo una caracterización más precisa del perfil edáfico en ambos cultivos.
- La aplicación del barreno facilitó la obtención de muestras menos contaminadas y representativas, contribuyendo a una interpretación más confiable del estado nutricional del suelo y a la formulación de estrategias de fertilización más eficientes y sostenibles.

#### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar el uso sistemático del barreno como herramienta de muestreo en estudios de fertilidad del suelo, debido a su capacidad para obtener muestras más homogéneas, representativas y con menor contaminación, lo cual mejora significativamente la confiabilidad de los resultados analíticos.
- Para fortalecer la precisión de los diagnósticos nutrimentales, se sugiere estandarizar protocolos de muestreo considerando profundidad uniforme (30 cm) y distancias específicas al tronco según el cultivo, garantizando así una adecuada caracterización del perfil edáfico activo y optimizando los planes de fertilización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerson, J. (2022). Soil Sampling Guidelines. *Purdue Extension*, 5(2), 1-6.
- Almendros, G., Polo, A., Lobo, M., & Ibáñez, J. (1984). De la materia orgánica del suelo II.– Transformaciones del humus por ignición. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 21(2), 145-160.
- AMS. (2025). *Best Practices for Accurate Soil Sampling in the Field*. AMS, Inc. <https://www.ams-samplers.com/blog/best-practices-for-accurate-soil-sampling-in-the-field/>
- Arias, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Ariz-Torres, L. X., & Camargo Melo, T. A. (2019). *Guía metodológica para el muestreo de suelos contaminados con mercurio por minería del oro en Colombia*. 1(2), 13-20.
- Armijos, W. I. (2024). *Respuesta de la guanábana (VAR. Gigante) a la fertilización química y orgánica*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7233>
- Barrera, J., Barrezueta, S. B., & Batista, R. M. G. (2020). Evaluación de los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.62452/jvp57q36>
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2007). *Muestreo de suelo y métodos de análisis* (2ª, Vol. 1). Ciencias de la Tierra, Medio Ambiente y Agricultura, Ciencias Físicas. <https://doi.org/10.1201/9781420005271>
- Castellanos, J. Z. (2010). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. *Sitio: intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx*, 8-10.
- Córdoba, M., Vega, A., & Balzarini, M. (2014). *Protocolo de Análisis para la Delimitación de Zonas de Manejo Intralote*. Conference: XIX Reunión Científica del GABAt: Santiago del Estero, Argentina.
- Diez, L. (1999). Optimización de la fertilización nitrogenada: procedimientos de análisis de suelo, toma de muestra y elección del tipo de fertilizante. *Publicada por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, 6(1), 73-84.
- FAO. (2019). Support upscaling of innovative rice-fish and climate-resilient tilapia farming in Asia-Pacific. *FAO Aquaculture Newsletter*, 21.
- Feng, K., Zhang, J., & Yingwei, H. (2009). Review of China's agricultural integration development: 1978-2008. *China Agricultural Economic Review*, 1(4), 459-477.
- Forster, J. (1995). Soil sampling, handling, storage and analysis. En *Methods in applied soil microbiology and biochemistry* (pp. 49-121). Elsevier.

- González, D., Santana, C., Fábrega, J., Leiva, J., & Muñoz, M. (2021). *Clasificación Pedológica en la Subcuenca del Río Zaratí para el Desarrollo de Buenas Prácticas de Conservación de los Suelos y Aguas*. 515-522.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. [https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)
- Gordon, R. A. G., Albanes, E. Y. A., & Sánchez, D. A. C. (2018). Evaluación de la calidad química del suelo en agroecosistemas cacaoteros de la subregión del Nordeste y Urabá Antioqueño. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(1), 41-52.
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de, 20(1)*.
- Huising, E. J., Coe, R., Cares, J. E., Louzada, J. N., Zanetti, R., Moreira, F. M., & Huang, S. (2012). Diseño y estrategias de muestreo para la evaluación de la biodiversidad del suelo. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf).
- Kumar, J., Reddy, S., & Suguna, T. (2020). Role of Plankton in Aquaculture. *Revista International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9), 2848-2851.
- Leroueil, S., & Hight, D. (2003). Behaviour and properties of natural soils and soft rocks. *Characterisation and engineering properties of natural soils*, 1, 29-254.
- Lizcano-Toledo, R., Olivera Viciado, D., Saavedra Mora, D., Machado Cuellar, L., Rolando Valencia, E., Moreno Pérez, M. F., & Flórez, M. F. (2017). *Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos* (Primers, Vol. 1). Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7793>
- Osman, K. T. (2012). *Soils: Principles, properties and management* (Vol. 1). Springer Science & Business Media. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pZ0rVya6CW4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=he+Nature+and+Properties+of+Soils&ots=8cRQfNz4cT&sig=INjzJi\\_ZEVJBhXpyWo3q5WmV7w4#v=onepage&q=he%20Nature%20and%20Properties%20of%20Soils&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pZ0rVya6CW4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=he+Nature+and+Properties+of+Soils&ots=8cRQfNz4cT&sig=INjzJi_ZEVJBhXpyWo3q5WmV7w4#v=onepage&q=he%20Nature%20and%20Properties%20of%20Soils&f=false)
- Osorio, W., & Casamitjana, M. (2012). Toma de muestras de suelo para evaluar la fertilidad

- del suelo. *Manejo integral del suelo y nutrición vegetal*, 1(1), 1-4.
- Pal, S. K. (2013). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. New India Publishing.
- Pennock, D., Yates, T., & Braidek, J. (2007). Soil sampling designs. *Soil sampling and methods of analysis*, 2, 1-14.
- Pfeiffer, M., Haberland, J., Kremer, C., & Seguel, O. (2008). Comparación de dos métodos alternativos al pozo barreno para la medición de la conductividad hidráulica saturada (ks) en un Alfisol. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3), 49-56.
- Pinot, R. (2015). Manual de edafología. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(2), 55-60.
- Rayburn, E., & Basden, T. (2014). Soil Sampling and Testing. *Faculty & Staff Scholarship*, 6(1). [https://researchrepository.wvu.edu/faculty\\_publications/3266](https://researchrepository.wvu.edu/faculty_publications/3266)
- Rimski-Korsakov, H., & Álvarez, C. R. (2015). MUESTREO DE SUELOS. *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*, 114.
- Rodríguez, G., Lobo, D., & Aragua, E. (2004). Desarrollo y distribución de raíces en tres clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo lacustrino de la Cuenca del Lago de Valencia. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, 21(1), 121-128.
- Schweizer, S. (2011). *Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad* (p. 45) [Muestreo de Suelo]. CENCOOD - INTA. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Silva-Aroyave, S. M., & Correa Restrepo, F. J. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12(23), 13-34.
- Siqueira, G., Vieira, S., Souza, Z., Dafonte, J., Paz, A., & Becario, M.-A. (2007). Utilización de herramientas estadísticas y geoestadísticas para optimización del muestreo de propiedades físicas del suelo. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*, 8, 173-178.
- Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (2020). *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods* (2da ed.). John Wiley & Sons.
- Tan, K. H. (2005). *Muestreo, preparación y análisis del suelo* (2ª, Vol. 1). Ciencias de la Tierra, Medio Ambiente y Agricultura. <https://doi.org/10.1201/9781482274769>
- Torri, S. I., Cabello, M. J., & Lavado, R. S. (2007). Diagnóstico de la calidad de los suelos y su fertilidad para el cultivo de pecán. *La Producción de Pecán en Argentina. INTA-FAUBA VI. Buenos Aires, Argentina*, 1-20.

## ANEXOS

### Anexo 1. Informe de resultados del análisis físico-químico de muestras de suelo para cultivos de plátano (*Musa × paradisiaca*) y guanábana (*Annona muricata* L.) realizado por el INIAP

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b><br><b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b><br>Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24<br>Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

|                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DATOS DEL PROPIETARIO</b><br>Nombre : AVILA MARCILLO JAIME DANIEL<br>Dirección : SANTO DOMINGO / LA CONCORDIA<br>Ciudad : LA CONCORDIA<br>Teléfono : 0993574771<br>Fax : jaimepepa2001@gmail.com | <b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b><br>Nombre : Granja Experimental Río Zuma<br>Provincia : Manabí<br>Cantón : El Carmen<br>Parroquia : El Carmen<br>Ubicación : Río Zuma | <b>PARA USO DEL LABORATORIO</b><br>Cultivo Actual : Plátano<br>N° Reporte : 13329<br>Fecha de Muestreo : 7/7/2025<br>Fecha de Ingreso : 11/7/2025<br>Fecha de Salida : 25/7/2025 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| N° Muest. Laborat. | Datos del Lote           |      | pH        | ppm             |     |        | meq/100ml |       |   | ppm |    |    |    |   |  |  |
|--------------------|--------------------------|------|-----------|-----------------|-----|--------|-----------|-------|---|-----|----|----|----|---|--|--|
|                    | Identificación           | Area |           | NH <sub>4</sub> | P   | K      | Ca        | Mg    | S | Zn  | Cu | Fe | Mn | B |  |  |
| 115987             | M1 Ávila Marcillo 3 años |      | 5,4 Ac RC | 15 B            | 7 B | 0,56 A | 15 A      | 1,6 M |   |     |    |    |    |   |  |  |
| 115988             | M2 Ávila Marcillo 5 años |      | 5,5 Ac RC | 13 B            | 7 B | 0,40 M | 12 A      | 1,4 M |   |     |    |    |    |   |  |  |
| 115989             | M3 Ávila Marcillo 3 años |      | 5,7 MeAc  | 14 B            | 8 B | 0,40 M | 11 A      | 1,3 M |   |     |    |    |    |   |  |  |
| 115990             | M4 Ávila Marcillo 5 años |      | 5,6 MeAc  | 12 B            | 9 B | 0,52 A | 10 A      | 1,5 M |   |     |    |    |    |   |  |  |

| INTERPRETACION      |                    |                        |                   |                     | METODOLOGIA USADA                       |                              | EXTRACTANTES     |
|---------------------|--------------------|------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------------|------------------------------|------------------|
| pH                  |                    |                        |                   | Elementos: de N a B |                                         | pH = Suelo: agua (1:2,5)     | Olsen Modificado |
| MAc = Muy Acido     | LAe = Liger. Acido | LAAl = Liger. Alcalino | RC = Requiere Cal | B = Bajo            | N,P,B = Colorimetria                    | N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn      |                  |
| Ac = Acido          | PN = Prac. Neutro  | MeAl = Media Alcalino  |                   | M = Medio           | S = Turbidimetria                       | Fosfato de Calcio Monobasico |                  |
| MeAc = Media. Acido | N = Neutro         | Al = Alcalino          |                   | A = Alto            | K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica | BS                           |                  |

*[Firma]*

*[Firma]*

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b><br><b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b><br>Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24<br>Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

|                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DATOS DEL PROPIETARIO</b><br>Nombre : AVILA MARCILLO JAIME DANIEL<br>Dirección : SANTO DOMINGO / LA CONCORDIA<br>Ciudad : LA CONCORDIA<br>Teléfono : 0993574771<br>Fax : jaimepepa2001@gmail.com | <b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b><br>Nombre : Granja Experimental Río Zuma<br>Provincia : Manabí<br>Cantón : El Carmen<br>Parroquia : El Carmen<br>Ubicación : Río Zuma | <b>PARA USO DEL LABORATORIO</b><br>Cultivo Actual : Plátano<br>N° de Reporte : 13329<br>Fecha de Muestreo : 7/7/2025<br>Fecha de Ingreso : 11/7/2025<br>Fecha de Salida : 25/7/2025 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| N° Muest. Laborat. | meq/100ml |    |    | dS/m | (%) | Ca Mg Ca+Mg |      |       | meq/100ml | (meq/l) <sup>1/2</sup> | ppm | Textura (%) |      |         | Clase Textural |
|--------------------|-----------|----|----|------|-----|-------------|------|-------|-----------|------------------------|-----|-------------|------|---------|----------------|
|                    | Al+H      | Al | Na |      |     | Mg          | K    | K     |           |                        |     | Arena       | Limo | Arcilla |                |
| 115987             |           |    |    |      |     | 9,3         | 2,86 | 29,64 | 17,16     |                        |     |             |      |         |                |
| 115988             |           |    |    |      |     | 8,5         | 3,50 | 33,50 | 13,80     |                        |     |             |      |         |                |
| 115989             |           |    |    |      |     | 8,4         | 3,25 | 30,75 | 12,70     |                        |     |             |      |         |                |
| 115990             |           |    |    |      |     | 6,6         | 2,88 | 22,12 | 12,02     |                        |     |             |      |         |                |

| INTERPRETACION |                  |                 |           |
|----------------|------------------|-----------------|-----------|
| Al+H, Al y Na  | C.E.             |                 | M.O. y Cl |
| B = Bajo       | NS = No Salino   | S = Salino      | B = Bajo  |
| M = Medio      | LS = Lig. Salino | MS = Muy Salino | M = Medio |
| T = Tóxico     |                  |                 | A = Alto  |

| ABREVIATURAS |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| C.E.         | = Conductividad Eléctrica        |
| M.O.         | = Materia Orgánica               |
| RAS          | = Relación de Adsorción de Sodio |

| METODOLOGIA USADA |                              |
|-------------------|------------------------------|
| C.E.              | = Conductimetro              |
| M.O.              | = Titulación de Winkley Blac |
| Al+H              | = Titulación con NaOH        |

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

**Anexo 2. Adquisición de barreno tomamuestras de acero inoxidable (60 cm, núcleo 2×23 cm) para muestreo de suelos agrícolas**



**TECNOINDUSTRY**

**RUC.:** 1716261746001

**FACTURA N.** 001-101-000001719

**FECHA AUTORIZACION :** 03/06/2025 22:49:42

**AMBIENTE:** PRODUCCION

**EMISION:** NORMAL

**NUMERO DE AUTORIZACION:**  
0306202501171626174600120011010000017191234567811

**CLAVE DE ACCESO:**



0306202501171626174600120011010000017191234567811

**ALMEIDA AGUIRRE MARITZA RAQUEL**  
 Dirección Matriz: Barrio Tola Chica Tres, Calle Juan de Larrea SN y San Martín, Conjunto Montecarlo 8, casa 2  
 junto a viveres la Cocha  
 Teléfono 1: 022052035 Teléfono 2: 0983007404  
 Correo: tecnoindustry@gmail.com

Obligado a Llevar Contabilidad: NO

**Nombres:** AVILA MARCILLO JAIME DANIEL

**Dirección:** EL CARMEN

**RUC:** 0804688786      **Fecha Emisión:** 03/06/2025      **Vence:** 03/06/2025      **Teléfono:** 0993574771--

| Código        | Descripción                                                          | Med.   | Cantidad | Precio Unitario | Desc. | Total  |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------------|-------|--------|
| TYACC101      | Barreno Tomamuestra de suelo acero inoxidable 60cm, núcleo de 2x23cm | Unidad | 2,00     | 70,000000       | 0,00  | 140,00 |
| SERVLOGIS0001 | Servicio Logístico                                                   | Unidad | 1,00     | 4,350000        | 0,00  | 4,35   |

**Forma Pago**  
Otros Con Utilización Del Sistema Financiero      145,00      Con Vencimiento a 0 DIAS

**INFORMACIÓN ADICIONAL**  
 vendedor : Sebastián Landeta  
 ciudad : QUITO  
 observación : Venta

Subtotal: 144,35

Descuento: 0,00

Subtotal Neto: 144,35

Subtotal 5%: 0,00

Subtotal 15%: 4,35

Subtotal 0%: 140,00

Subtotal No Objeto IVA: 0,00

Subtotal Exento IVA: 0,00

ICE: 0,00

IVA 5%: 0,00

IVA 15%: 0,65

Propina: 0,00

**VALOR TOTAL: 145,00**

PAGOS: Realizar su pago mediante transferencia bancaria a la cuenta corriente del Banco Internacional # 620618867, a nombre de Maritza Almeida Aguirre, C.C.1716261746, CORREO: tecnoindustry@gmail.com.  
 RETENCIONES: En caso de emitir retención, sírvase remitirla dentro de 5 días hábiles desde la emisión del comprobante de venta, conforme al Art. 8 del Reglamento de comprobantes de venta, retención y complementarios del SRI. Caso contrario deberá pagar el valor total de la factura.

**Anexo 3. Preparación del equipo**



**Anexo 4.** *Muestreo de suelo con barreno en cultivo de Guanábana*



**Anexo 5.** *Muestreo de suelo con barreno en cultivo de plátano*



**Anexo 6.** *Muestreo de suelo con pala en cultivo de plátano*



**Anexo 7.** *Fraccionamiento del suelo muestreado para envío a análisis*



## **VIII. DECLARACIÓN Y ACEPTACIÓN**

### **Declaración del donante:**

El estudiante signado en el punto II quien figura como donante en mi calidad de estudiante en proceso de titulación de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí - Extensión El Carmen, declaro bajo juramento que:

1. Realizo esta donación de manera voluntaria, gratuita e irrevocable
2. Los bienes donados son de nuestra propiedad y/o han sido adquiridos legalmente para el desarrollo de mi trabajo de titulación
3. Los equipos se encuentran en las condiciones especificadas en el punto VII del presente documento
4. La donación se enmarca en el proceso de desarrollo de mi trabajo de integración curricular
5. PAutorizo el uso de esta información para fines de registro y reconocimiento institucional.

### **Aceptación de la institución:**

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen, a través de sus representantes, acepta la presente donación y se compromete a:

1. Utilizar los bienes donados para el cumplimiento de la misión institucional
2. Proporcionar el cuidado y mantenimiento adecuado del equipamiento
3. Incorporar los bienes al patrimonio institucional
4. Reconocer la contribución del estudiante donante

## **IX. FIRMAS Y VALIDACIONES**

### **DONANTE:**



Jaime Daniel Avila Marcillo

**C.I. 0804688786**

Fecha: 15 de agosto del 2025



# Jaime Avila

8%  
Textos sospechosos

- 3% Similitudes
  - 0% similitudes entre comillas
  - 0% entre las fuentes mencionadas
- 5% Idiomas no reconocidos
- 30% Textos potencialmente generados por la IA (Ignorado)

Nombre del documento: Jaime Avila.docx  
ID del documento: a96d9e0f7fc452e89fa933e854645ce0c26352b2  
Tamaño del documento original: 5,31 MB

Depositante: Nexar Cobaña Loor  
Fecha de depósito: 14/8/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 14/8/2025

Número de palabras: 8746  
Número de caracteres: 58.783

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones                                                                                            | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | JAMA YOMELI.docx   JAMA YOMELI #e774c7<br>Viene de mi biblioteca                                         | 3%          |             | Palabras idénticas: 3% (264 palabras)  |
| 2  | Armijos Villota Ignacio Wilfrido.docx   Armijos Villota Ignacio Wilfrido #6d073e<br>Viene de mi grupo    | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (31 palabras) |
| 3  | caelum.ucv.ve<br>http://caelum.ucv.ve/bitstream/10872/4161/1/Rodriguez y Lobo, Rev. Fac. (LUZ), 2004.pdf | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (37 palabras) |

