



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EVALUACION CUALITATIVA DE SUELOS DE LA
PARROQUIA COLONCHE MEDIANTE
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Eiter Alfredo Cercado Quiñonez

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EVALUACION CUALITATIVA DE SUELOS DE LA
PARROQUIA COLONCHE MEDIANTE
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

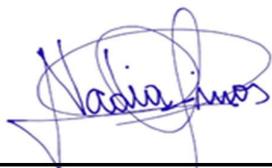
INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Eiter Alfredo Cercado Quiñonez.

Tutor: Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, PhD.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



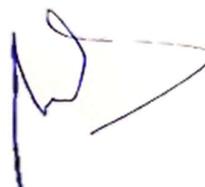
Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
DE AGROPECUARIA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León, Ph.D.
**PROFESOR/A ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, Ph.D.
**PROFESOR/A TUTOR/A
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, Msc
**PROFESOR GUÍA DE LA UIC
SECRETARIO/A**

RESUMEN

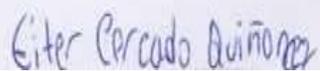
La cromatografía de Pfeiffer es una técnica de análisis cualitativo, accesible y de bajo costo utilizada para evaluar la salud de los suelos. El objetivo fue evaluar con este indicador en la calidad de suelos de la parroquia Colonche, en Santa Elena, Ecuador. Se recolectaron nueve muestras en campo, de suelos de 0 a 20 cm con la ayuda de una barrena. El análisis de los cromatogramas se realiza en función de las cuatro zonas que se forman: aireación, mineral, materia orgánica y enzimática. En cada zona se identifica el color (para estandarizar la observación se empleó la Tabla de Munsell), su espesor y la integración con sus vecinas; así como la trama radial que se forma. También se compararon los resultados de la interpretación de los cromatogramas con los datos obtenidos en el laboratorio. Los resultados indican que los suelos estudiados tienen bajos contenidos de materia orgánica, existe poca integración entre las zonas lo que evidencia la posible compactación de los suelos y la débil transmutación de los minerales presentes en ellos. Otro signo identificado en los cromatogramas es la débil actividad biológica. Los análisis de laboratorio corroboran la interpretación realizada en los cromatogramas. Se propone un conjunto de medidas para contribuir a la mejora de los suelos, algunas de ellas son: incremento de los cultivos de cobertura, incorporación de residuos de cosechas, rotación de cultivos y aplicación de compost.

Palabras claves: Suelo, cromatografía de Pfeiffer, evaluación, calidad de suelo.

ABSTRACT

Pfeiffer chromatography is a low-cost, accessible, qualitative analysis technique used to assess the health of soils. The objective was to evaluate with this indicator the quality of soils in the Colonche parish, in Santa Elena, Ecuador. Nine samples were collected in the field, from soils from 0 to 20 cm with the help of an auger. The analysis of the chromatograms is carried out based on the four zones that are formed: aeration, mineral, organic matter and enzymatic. In each area the color is identified (to standardize the observation, the Munsell Table was used), its thickness and the integration with its neighbors; as well as the radial weft that is formed. The results of the interpretation of the chromatograms were also compared with the data obtained in the laboratory. The results indicate that the studied soils have low organic matter content, there is little integration between the zones, which shows the possible compaction of the soils and the weak transmutation of the minerals present in them. Another sign identified in the chromatograms is weak biological activity. The laboratory analyzes corroborate the interpretation made in the chromatograms. A set of measures is proposed to contribute to the improvement of soils, some of them are: increase of cover crops, incorporation of crop residues, crop rotation and application of compost.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, reading "Eiter Perceado Quiñones", is displayed within a light blue rectangular box. The signature is written in a cursive style.

Firma digital del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 El suelo.....	4
1.1.1 Clasificación del suelo.....	4
1.2 Tipos de suelo.....	4
1.2.1 Suelo Franco.....	5
1.2.2 Suelo Arcilloso.....	5
1.2.3 Suelo Arenoso.....	5
1.3 Propiedades del suelo.....	5
1.3.1 Propiedades Químicas del suelo.....	6
1.3.2 Capacidad de intercambio catiónico.....	6
1.3.3 El pH del suelo.....	6
1.3.4 Porcentaje de Saturación de Bases.....	7
1.3.5 Nutrientes para las plantas.....	7
1.4 Propiedades Biológicas del suelo.....	7
1.4.1 El ciclo del Nitrógeno.....	8
1.4.2 El ciclo de carbono.....	8
1.5 Propiedades Físicas del suelo.....	8
1.5.1 Estructura del suelo.....	8
1.5.2 Densidad aparente.....	9
1.5.3 Color en el suelo.....	9
1.5.4 Porosidad.....	9
1.5.5 Infiltración.....	10
1.5.6 Textura.....	10
1.5.7 Suma de bases.....	10
1.5.8 Conductividad eléctrica.....	10
1.5.9 Relación absorción Sodio (RAS).....	10
1.5.10 Importancia del suelo.....	11
1.6 Fertilidad de los suelos.....	11
1.7 Materia Orgánica.....	12
1.8 Análisis de suelo.....	12
1.8.1 Análisis Físicoquímico de Suelo.....	13
1.9 Determinación Química de nutrientes en suelos.....	14
1.9.1 Extracción de nutrientes catiónicos.....	14
1.10 Análisis cromatográfico.....	15
1.10.1 La cromatografía.....	15
1.10.2 Interpretación de la cromatografía.....	16
1.10.3 Coloración de los cromatogramas.....	22

1.11	Sistemas de Información Geográfica y la Geografía (SIG)	23
1.11.1	Componentes de los SIG.....	23
1.11.2	Datos e información Geográfica	24
1.11.3	Modelos y estructura de datos.....	25
1.11.4	Interfaz.....	25
 CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS		28
2.1	Ubicación del lugar de la investigación	28
2.2	Toma de muestras	29
2.3	Procesamiento de las muestras	29
2.4	Preparación de los reactivos y papel filtro	29
2.4.1	Solución de hidróxido de sodio	29
2.4.2	Solución de nitrato de plata	29
2.4.3	Preparación del papel filtro	30
2.5	Obtención de los cromatogramas	31
2.6	Interpretación de los cromatogramas	32
2.7	Base de datos digital con los resultados del proyecto	33
 CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
3.1	Interpretación de los cromatogramas	34
3.1.1	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-007	34
3.1.2	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-013	35
3.1.3	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-016	36
3.1.4	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-017	37
3.1.5	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-018	39
3.1.6	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-019	40
3.1.7	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-022	41
3.1.8	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-023	42
3.1.9	Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-024	44
3.2	Resultados del análisis de laboratorio	45
3.3	Medidas de manejo para mejorar la calidad de los suelos	48
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		50
Conclusiones		50
Recomendaciones		51
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		52

ANEXOS	55
---------------------	-----------

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma de suelo.	17
Imagen 2. Representación de tres cromatogramas, de acuerdo con su coloración. ..	18
Imagen 3. Suelo con escasa diferenciación central.	18
Imagen 4. Suelo mineralizado, centro poco visible.	19
Imagen 5. Suelo ideal con una buena estructura.	19
Imagen 6. Cromatograma de un suelo manejado convencionalmente en cultivo de mango.	20
Imagen 7. Interacción de la materia orgánica y minerales en el suelo representado en un cromatograma.	21
Imagen 8. Seis distintas características en zona externa de un cromatograma.	21
Imagen 9. Tonalidades deseables y no deseables de un cromatograma de suelo.	22
Imagen 10. Tonalidad deseable en un cromatograma de suelo.	23
Imagen 11. Cromatograma de la muestra UPSE-007.	34
Imagen 12. Cromatograma de la muestra UPSE-013.	35
Imagen 13. Cromatograma de la muestra UPSE-016.	37
Imagen 14. Cromatograma de la muestra UPSE-017.	38
Imagen 15. Cromatograma de la muestra UPSE-018.	39
Imagen 16. Cromatograma de la muestra UPSE-019.	40
Imagen 17. Cromatograma de la muestra UPSE-022.	42
Imagen 18. Cromatograma de la muestra UPSE-023.	43
Imagen 19. Cromatograma de la muestra UPSE-024.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del programa QGIS.	26
Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo.	28
Figura 3. Fragmento de la tabla de atributos de los sitios de muestreo en QGIS.	33

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Clasificación de acidez del suelo.	7
Tabla 2. Tipos de poros su tamaño y su función.....	9
Tabla 3. Tipos de uso de la tierra en los sitios de muestreo.....	28
Tabla 4. Puntuaciones para el análisis y la descripción visual de los cromatogramas.	32
Tabla 5. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-007.....	34
Tabla 6. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-013.....	36
Tabla 7. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-016.....	36
Tabla 8. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-017.....	38
Tabla 9. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-018.....	39
Tabla 10. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-019.....	41
Tabla 11. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-022.....	41
Tabla 12. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-023.....	43
Tabla 13. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-024.....	44
Tabla 14. Resultados de los análisis de laboratorio.	47

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Pesado del nitrato de plata	55
Anexo 2: Nitrato de plata en envase negro.....	55
Anexo 3: Papel filtro Whatman #4.....	55
Anexo 4: Colocación de puntos guía en el papel filtro.	56
Anexo 5: Impregnado de la solución de nitrato de plata en el papel filtro.....	56
Anexo 6: Proceso de revelado del cromatograma.	56
Anexo 7: Cromatograma después del revelado.	57
Anexo 8: Informe de análisis de suelos.....	58
Anexo 9: Informe de análisis de suelos.....	59
Anexo 10: Reporte de análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.	60
Anexo 11: Informe de análisis de suelo.	61
Anexo 12: Informe de análisis de suelo.	62
Anexo 13: Análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.	63
Anexo 14: Informe de análisis de suelos.....	64
Anexo 15: Informe análisis de suelo.	65
Anexo 16: Reporte de análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.	66

INTRODUCCIÓN

Los trabajos cuya base son el estudio y evaluación de la calidad de los suelos, a escalas detalladas, permiten elaborar un programa de acciones para contrarrestar los efectos negativos de los mismos, mediante la evaluación de factores limitativos.

En la provincia de Santa Elena existe información edáfica correspondiente a estudios geopedológicos realizados (IEE, Instituto Espacial Ecuatoriano, MAGAP, 2012), sin embargo, dados los objetivos y la escala de los levantamientos que dieron lugar a ella no es posible conocer la calidad de los suelos a nivel de sistemas de producción y menos aún a escala parcelaria.

En los documentos antes mencionados se puede apreciar que los suelos de Santa Elena son afectados por procesos erosivos, tienen presencia sales y bajos contenidos de materia orgánica. A esta degradación de los suelos se suma el clima semiárido que predomina en el territorio, lo cual trae como consecuencia la necesidad de mejorar la calidad de los suelos y suplir las necesidades hídricas de los cultivos con regadío.

Para que los agricultores ejecuten labores que contribuyan a mejorar la calidad de los suelos es necesario que conozcan sus características. Un lugar importante en este sentido lo ocupan los análisis de laboratorio, sin embargo, no es una práctica común, en los agricultores santaelenenses, que se envíen muestras a los laboratorios, en esto inciden dos factores fundamentales:

1. La lejanía de los laboratorios.
2. Los costos de los análisis por muestra.

Ante esta situación es necesario buscar alternativas científicas con las que se obtengan resultados satisfactorios, a un bajo costo para el productor y que estén disponibles en el menor tiempo posible.

El estudio que se propone en este proyecto presta particular atención a la evaluación cualitativa del recurso suelo como uno de los pasos fundamentales para llegar a la sostenibilidad de los agroecosistemas. Sus resultados ofrecerán indicadores del funcionamiento del suelo a partir de los cuales se propondrán recomendaciones para el manejo sostenible de este valioso recurso natural.

El método de cromatografía de Pfeiffer es sencillo de aplicar por los productores agrícolas, puede realizarse a muy bajo costo y sus resultados están científicamente comprobados. Este método consiste en impregnar un papel de filtro con una solución de nitrato de plata al 0,5% (constituye la fase estacionaria). La fase móvil es una solución de hidróxido de sodio al 1% que se mezcla con una muestra de suelo. El resultado será un cromatograma que permite apreciar diversas características de los suelos y evaluar de manera cualitativa su calidad (Contarato Pilon, L., Henrique Cardoso, J. and Sanches Medeiros F, 2018).

Los orígenes de la cromatografía (vocablo de proveniente del griego *chroma* color y *graphos* escribir) se remontan al año 1901, cuando el botánico ruso Mijaíl Tswett separó pigmentos vegetales con el empleo de columnas de absorción de líquidos. Sin embargo, fue el bioquímico Ehrenfried E. Pfeiffer durante el desarrollo de su “Teoría de la vitalidad del suelo”, quien desarrolló el método de la cromatografía sobre una superficie plana de papel, muy empleado hoy día para valorar la salud del suelo y la calidad de los alimentos que en él se producen (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Con los cromatogramas obtenidos de las diferentes muestras de suelo se puede determinar la existencia o no de actividad generada por la interacción de los microorganismos con el suelo y los posibles problemas generados, sea por su génesis, actividad antropogénica o por procesos de mineralización.

En el Ecuador existen antecedentes del empleo de la cromatografía de Pfeiffer para el estudio de los suelos, un ejemplo de ello es la investigación de (Heredia Reyes, 2012) que evaluó la calidad de suelos y compost en empresas asociadas a ECOFAS (*Ecuadorian Organic Flowers Growers Association*), sus resultados indican que este método es útil para estudios de calidad a largo plazo y da pautas para proponer medidas de recuperación en suelos degradados, sin embargo, no encontró relación entre los resultados de los cromatogramas y los análisis de laboratorio.

En la provincia de Santa Elena prácticamente no ha sido empleado este método de evaluación de la calidad de los suelos, la literatura encontrada solo reporta algunos análisis realizados en la zona de Manglaralto como parte del proyecto “Saberes y sabores. Mejora de productividad y nutrición de familias campesinas/indígenas en el centro del Ecuador” (Fundacion Heifer Ecuador, 2018), este vacío en el conocimiento que puede contribuir al

manejo sostenible del recurso suelo denota la importancia de la propuesta de este proyecto de titulación.

Los antecedentes antes expuestos permiten enunciar el siguiente **Problema Científico**:

¿Permitirá el método de cromatografía de Pfeiffer evaluar la calidad de suelos de la parroquia Colonche de manera que contribuya a identificar medidas para su mejoramiento?

Objetivo General:

Evaluar la calidad de suelos de la parroquia Colonche mediante el método cualitativo cromatografía de Pfeiffer.

Objetivos Específicos:

1. Caracterizar los suelos estudiados en correspondencia con los cromatogramas obtenidos.
2. Comparar los resultados de los cromatogramas con análisis químicos de laboratorio.
3. Proponer medidas de manejo que contribuyan a mejorar la calidad de los suelos estudiados.

Hipótesis:

El método de cromatografía de Pfeiffer permite conocer información valiosa sobre la calidad de los suelos de manera rápida y a bajo costo y contribuye a la identificación de medidas para su mejoramiento.

Es necesario aclarar que este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación 062-2020 titulado “**Evaluación cualitativa de la calidad de suelos y productos agrícolas de sistemas de producción peninsulares mediante cromatografía de Pfeiffer**”, que se ejecuta en la Facultad de Ciencias Agrarias con el auspicio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 El suelo

El suelo es la composición de minerales, materia orgánica, microorganismos y animales, aire y agua. Cuando las plantas y animales habitan en el suelo cumplen su ciclo de vida, que cuando mueren sus restos son descompuestos por acción de microorganismos, generando materia orgánica. Y a través de los siglos se ha ido formando una capa pequeña, esta capa constituida por la descomposición de rocas superficiales que, causada por acción de las condiciones atmosféricas, genera un suelo rico en nutrientes (FAO, 2000).

El suelo se amplía tanto en superficie como en profundidad; posee diversas capas, estas capas llamadas horizontes tienen diferentes propiedades físicas y químicas, esto se ve reflejado en su aspecto. El conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil.

- Horizonte A: capa superior, más oscura y fértil, con más raíces. Es la capa arable del suelo.
- Horizonte B: capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces.
- Horizonte C: capa más profunda. Prácticamente sin raíces.

1.1.1 Clasificación del suelo

La clasificación de los suelos es una forma en la que se agrupan por las distintas categorías los diferentes tipos de sustratos con el propósito de organizar las propiedades de cada suelo, para poder luego comprender la relación que existen entre ellos (Porta, J., López-Acevedo, M. Y Poch, 2010). La primera clasificación de suelo se basó en las características individuales de textura o del material parental. Un desarrollo posterior dio un enfoque en los procesos de salinidad, lixiviación, entre otros.

En el sistema de clasificación moderno utiliza las propiedades del suelo definidas y cuantificadas en los horizontes de diagnóstico de suelo. En la actualidad se utiliza el Manual de Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (SSS-USDA, 2010).

1.2 Tipos de suelo

Como se dijo antes, una de las formas más antiguas de clasificar los suelos es por la textura. A continuación, se describen las principales características de estos grupos de clasificación.

1.2.1 Suelo Franco

Tipo de suelo que posee una textura fina pero que contiene menos del 25% de arcilla. En términos generales, estos suelos son los más adecuados en la práctica agrícola.

La textura franca agrupa distintas composiciones según contenga más o menos arcilla, arena o limo y, puede ser entre adecuada o no adecuada para el desarrollo de un cultivo. Por lo tanto, se debe analizar las características del cultivo que empezaremos a cultivar para luego interpretar que tipo de suelo franco es el indicado (Martínez de la Cerda, 2015).

1.2.2 Suelo Arcilloso

Este tipo de suelo presenta una textura fina, con una alta predominancia de arcillas (45% de arcillas, 30% de limo y 25% de arena). Las partículas de arcilla son muy pequeñas, tienen forma plana y se unen en forma de placas convirtiéndolo en un suelo impermeable. La unión genera una gran resistencia a la penetración de raíces, lo que impide una buena aireación de esta, que luego pueda terminar pudriéndose (Townend, 2001).

Esta composición permite que se retenga una cantidad elevada de agua y nutrientes además de poseer una baja porosidad, consecuentemente son suelos que carecen de una buena aireación.

1.2.3 Suelo Arenoso

Este tipo de suelos presentan una textura gruesa, donde predominan las arenas (75% de arena, 5% de arcillas y 20 % de limo). Su tamaño de partícula es la más grande con formas dentadas irregulares y planas. Lo cual le permite tener una gran aireación, pero se le dificulta a la hora de la retención de líquidos y nutrientes ocasionando lixiviación los cuales son llevados hacia el subsuelo (NATUREDUCA, 2015).

Debido a esta dificultad de retener líquidos se recomienda riegos frecuentes pero ligeros sin llegar a el riesgo de lixiviación del agua y los nutrientes ya que luego estos pueden ser llevados a profundidades que la planta no puede aprovechar.

1.3 Propiedades del suelo

Las características que posee cada suelo marcan las diferencias entre un suelo y otro. A simple vista uno puede definir aspectos tales como la profundidad y el color, sin embargo,

se necesita de ensayos y procesos de laboratorios. Para estudiar al suelo se ha clasificado según sus características químicas, biológicas o físicas.

1.3.1 Propiedades Químicas del suelo

El contenido de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, Mg, K, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Co, Zn; B, Mo, Cl) para las plantas o las diferentes características (Carbono orgánico, carbono cálcico, hierro en diferentes estados) (FAO, 2009).

La materia orgánica, la fertilidad, la acidez- alcalinidad, nos permite examinar ciertas cualidades del suelo cuando existe cambios químicos o asimismo reacciones que alteran la composición y acción de estos.

1.3.2 Capacidad de intercambio catiónico.

Los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) presentan cargas negativas en sus superficies y representa cantidades de cationes que sus superficies puede retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄, etc.), a su vez, estos realizaran un intercambio que se encuentran presente en la solución del suelo para ser liberados mediante las raíces, esto indica además la habilidad que el suelo tiende a retener cationes, ya que suelos con bajo intercambio catiónico muestran una baja retención de nutrientes (Agrícola, 2015).

1.3.3 El pH del suelo

El pH del suelo, es una propiedad química que se refiere a la lectura de la concentración de iones de hidrógenos activo (H⁺) que se da en la interface líquida del suelo, debido a la interacción de compuestos sólidos y líquidos. Los valores que influyen en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes rondan en el rango de entre 6.5 a 7.5. Es muy importante la medición del pH debido a que regula las propiedades químicas del suelo que tienen influencia en los cultivos (Padilla, 2007).

La acidez del suelo se debe en parte a pérdidas de bases en zonas lluviosas generando una lixiviación en proporciones considerables. En los sitios que estaban siendo ocupados por las bases, son reemplazados por el ion hidrogeno, el cual al pasar a la solución del suelo produce una reducción del pH ocasionando toxicidad en las plantas (Porta, J.; López, M, 2008).

En Tabla 1 se puede observar el rango que fluctúan los niveles de pH en el suelo.

Tabla 1. Clasificación de acidez del suelo.

pH de solución del suelo	Categoría
Menor de 4	Suelo extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Suelo muy fuertemente ácidos
5.1 – 5.5	Suelo fuertemente ácidos
5.6 - 6.0	Suelos medianamente ácidos
6.1 – 6.5	Suelos ligeramente ácidos
6.6 – 7.3	Suelos neutros
7.4 - 7.8	Suelos medianamente básicos
7.9 – 8.4	Suelos moderadamente básicos
8.5 – 9.0	Suelos fuertemente básicos
Mayor 9.1	Suelos muy fuertemente básicos

Fuente: (Elaborada por el Autor).

1.3.4 Porcentaje de Saturación de Bases

En el suelo encontramos cationes ácidos (hidrogeno y aluminio) y cationes básicos (calcio, magnesio, potasio, y sodio). Cuando las cargas negativas del suelo están siendo ocupadas por los nutrientes calcio, magnesio y potasio se refiere al porcentaje de saturación de bases. El pH está relacionado con la saturación de bases y se mide en porcentaje (Múnera, 2012).

1.3.5 Nutrientes para las plantas

Los 16 nutrientes comprendidos entre macro y micronutrientes necesarios para que las plantas realicen su debido desarrollo y crecimiento. Tales elementos se pueden clasificar entre esenciales y no esenciales, siendo los elementos esenciales requeridos en gran cantidad como Carbono (C), Hidrogeno (H), Nitrógeno (N), Fosforo (P). Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y en pequeñas cantidades debido a que si se excede se genera una toxicidad, pero si es insuficiente se crea una carencia, estos micronutrientes se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Magnesio (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) (FAO, 2016).

1.4 Propiedades Biológicas del suelo

La presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, como microorganismos, insectos y lombrices están asociadas a las propiedades biológicas del suelo siendo importantes debido a que la micro fauna existente del suelo permite mejorar sus condiciones mediante la descomposición y mineralización de la materia orgánica (FAO, 2016).

1.4.1 El ciclo del Nitrógeno

La fauna del suelo y la actividad microbiana se relacionan con el ciclo del nitrógeno. La biología que representa el suelo tiene un papel fundamental en la composición del suelo. Los organismos del suelo descomponen la materia orgánica liberando luego nutrientes para que las plantas la asimilen (FAO, 2016).

La mineralización del nitrógeno en el suelo es un proceso donde los organismos que mueren son consumidos por organismos descomponedores como lo son las bacterias y hongos. En las primeras etapas las bacterias transforman el nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) llegando a ser absorbidas por las raíces de las plantas. En la segunda etapa se forma el nitrito debido a la oxidación del amonio. En la tercera etapa se forma el nitrato mediante oxidación (NO_3^-).

1.4.2 El ciclo de carbono

El carbono es el elemento más abundante del planeta además de participar en el proceso más importante del planeta. El carbono se intercambia entre la biosfera, geosfera, hidrosfera y atmósfera de la tierra. Los organismos que viven en el suelo son factores determinantes ya que la descomposición de los residuos vegetales que se acumulan en la superficie o en la zona radicular crean una reserva de carbono (FAO, 2015).

El humus es el subproducto que se forma por el consumo microbiano como resultado se da la formación de una variedad de compuestos orgánicos. El humus tiene una lenta descomposición debido a que está formada por sustancias difíciles de degradar.

1.5 Propiedades Físicas del suelo

Cada suelo presenta propiedades distintas que van en relación con el aire, las rocas el relieve, la flora, la fauna, el agua y otros factores que afectan las características específicas tales como estructura, porosidad, textura, entre otras tantas.

1.5.1 Estructura del suelo

Se refiere a la forma en que las partículas primarias que componen el suelo (arena, limo, arcilla) se asocian entre sí, formando agregados en la estructura del suelo. La estructura del suelo afecta en la aireación, conducción térmica y resistencia a la erosión. Al realizar labores excesivas en el terreno, se ocasiona una disminución de la materia orgánica, dificultando la

aireación, la infiltración del agua en el suelo y al deterioro rápido de la estructura del suelo (Calvache, 2009).

1.5.2 Densidad aparente

Se define a la densidad aparente como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso. La densidad al mostrar el contenido total de poros en el suelo refleja la facilidad de circulación de agua, aire y compactación. La densidad aparente se mide en Mg/m^3 o en g/cm^3 (Navarro, 2003).

En el suelo, la variación de la densidad aparente debido a las diferencias en el volumen total de poros, genera que un espacio poroso total se incremente cuando tienda a ser la textura más fina, como resultado su disminución en la densidad aparente (Acevedo, 2005).

1.5.3 Color en el suelo

Es una medida indirecta en ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en el perfil de un suelo, presencia de materia orgánica, presencia de sales y carbonato. Dependiendo de sus componentes, el suelo varía en el contenido de humedad, materia orgánica, y oxidación de minerales presentes (Navarro, 2003).

1.5.4 Porosidad

Se menciona en la Tabla 2, a la porosidad del suelo como al conjunto de microporos y macroporos que posee un suelo, estos poros influyen en como las plantas pueden obtener aire y agua en el suelo. La cantidad de estos va en dependencia de la estructura y textura de cada suelo ya que suelos con buena aireación presentan gran cantidad de macro poros (FAO, 2009).

Tabla 2. Tipos de poros su tamaño y su función.

Denominación	Tamaño (mm)	Función
Poros gruesos (gruesos)	5 – 20	Aireación e infiltración
Poros medios	2 – 5	Conducción de agua
Poros pequeños (finos)	0.5 – 2	Almacenamiento de agua útil

Fuente: (FAO, 2009).

1.5.5 Infiltración

Las aguas procedentes de las precipitaciones o de un almacenamiento superficial (río, lagos), penetran en el subsuelo, alcanzando diferentes profundidades. La infiltración es más lenta en suelos que estén humedecidos siendo más intensa en suelos secos. En los primeros momentos, los poros del suelo hacen que se infiltre más rápido el agua hasta que progresivamente se va disminuyendo debido a la saturación de estos (FAO, 2015).

1.5.6 Textura

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las diferentes clases de tamaño de partículas en un volumen de suelo establecido, describiéndose a su vez la clase textural del suelo. En la agricultura, la textura es muy importante, debido a que condiciona el comportamiento del suelo en cuanto a capacidad de retención de agua, drenaje, aireación, compactación y facilidad de laboreo (FAO, 2009).

1.5.7 Suma de bases

La suma de las bases del suelo (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio) expresada en $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ genera un valor, este valor indica el grado de resistencia al cambio de pH que posee el suelo, ante la presencia de acidez. No todos los suelos tienen la misma respuesta ante un grado de acidez, debido a que, si disminuye el pH, los suelos pierden con mayor facilidad bases por lixiviación (Calvache, 2009).

1.5.8 Conductividad eléctrica

Es la capacidad que tiene un suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar las sales. La conductividad eléctrica concentra sales solubles en la solución del suelo teniendo niveles altos o bajos debido a que la corriente se desplaza en el suelo. Las sales reducen la disponibilidad de agua para las plantas y el potencial osmótico en la solución del suelo. La unidad de medición de la conductividad eléctrica son dS/m (decisiemens por metro) (García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, 2012).

1.5.9 Relación absorción Sodio (RAS)

El sodio (Na^+) que se encuentra contenido en el agua de riego y que al entablar un contacto con el suelo favorece a la dispersión de arcillas, desplazando cationes divalentes como son el Calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}). El sodio reduce la facilidad con que el suelo conduce

el agua y oxígeno, teniendo repercusión en la fertilidad del suelo, disminuyendo el hierro (Fe) y Zinc (Zn).

1.5.10 Importancia del suelo

El suelo es el habitat de millares de formas de vida, la mayor parte es invisibles a de nosotros ojos. En una hectárea de suelo sano conviven millones de invertebrados, gusanos, larvas y pequeños animales. Un equilibrio adecuado de la materia orgánica y los microorganismos contribuyen y libran los nutrientes necesarios además de unir las partículas minerales entre sí (FAO, 2015).

De esta manera, se crean las circunstancias para que las lombrices, bacterias y hongos descompongan produzcan materia orgánica.

Para obtener buenos resultados en el manejo del suelo, se debe mantener o ir aportando la materia orgánica cada cierto tiempo, esto ayudará a estimular la actividad de los microorganismos que se encuentran en el suelo (FAO, 2000).

A su vez, para lograr una agricultura eficiente, el estudio del suelo es fundamental, evitando así factores limitantes que afecten en alcanzar un rendimiento promedio. Por lo tanto, el buen manejo que se le da a un suelo va a ser de suma importancia al momento de obtener buenas cosechas y evitar tener pérdidas económicas (FAO, 2009).

1.6 Fertilidad de los suelos

Las plantas para poder desarrollarse correctamente necesitan agua y ciertos minerales. Las raíces absorben el agua contenida en el suelo y lo distribuyen en toda la planta. Los nutrientes contenidos en el suelo son indispensables para que las plantas consigan desarrollarse sin problemas. Algunos nutrientes como el carbono, el hidrogeno y oxigeno lo consiguen a través del aire, pero otros nutrientes esenciales como son el nitrógeno, el fosforo, el potasio, el calcio y el magnesio lo encuentran en el suelo (Infoagro, 2011).

Se considera fértil a un suelo cuando:

- Contiene nutrientes necesarios para los cultivos.
- Su estructura permite el buen desarrollo de las raíces.
- No contiene sustancias tóxicas.

- Retiene y absorbe agua.

El terreno que esta degradado, sin nutrientes, sin vegetación, con el tiempo tiende a erosionarse debido a que ha perdido su fertilidad, llegando a agotar sus nutrientes. Por ende, incorporar materia orgánica ayudara a cuidar, mejorar la calidad del suelo, teniendo una mejor estructura para poder cultivar los alimentos.

Para evitar su degradación causada por el agotamiento de nutrientes debido a la erosión, contaminantes, uso indiscriminado de agroquímicos y destrucción de los bosques. Se debe proteger al suelo con prácticas agrícolas que tengan el más mínimo impacto, teniendo a su vez, suelos ricos en nutrientes y aptos para la agricultura.

1.7 Materia Orgánica

Se denomina materia orgánica a la presencia de residuos vegetales en sus diversas fases de descomposición y restos de microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos. La descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo forma un proceso biológico en el que el carbono (C) es recirculado hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO₂), el N se encuentra disponible como amonio (NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻) y otros elementos asociados (P, S y varios micronutrientes), requerida por las plantas superiores (Navarro, 2003).

El contenido de la calidad que posee la materia orgánica depende del tipo de manejo agronómico, el tipo de vegetación, el tipo de suelo y sus características climáticas. La aplicación de materia orgánica tiene como objetivo mejorar la estructura y características químicas de cada suelo, generando una actividad microbiana benéfica en el suelo. Actualmente la materia orgánica es de gran importancia para llevar una fertilidad en los suelos, convirtiéndolo en un vital aporte para el sistema edáfico (Ferrera, R y Alarcon, A, 2001).

1.8 Análisis de suelo

Realizar un análisis del suelo, es medir niveles de macro y micro-nutrientes necesarios para optimizar el rendimiento y poder dar un correcto manejo del mismo. Considerada una herramienta de diagnóstico sirve como guía en el manejo de los diferentes cultivos. Se sugiere realizar una recopilación de datos como la caracterización del suelo, productividad, cultivo e historial de manejo para tener mejores resultados (Uribe, 2012).

Sin embargo, no es tan utilizado su uso, ya que existen pocos laboratorios o instituciones dedicadas a realizarlas, teniendo diversos métodos de análisis para diferentes condiciones y propiedades del suelo. Por lo cual, sus resultados difieren de un laboratorio a otro, debido a sus diferentes métodos.

Para el sector agrícola, el uso de análisis de suelo da una información valiosa, debido a que se conoce la cantidad de nutrientes y característica que posee dicho suelo, teniendo resultados positivos al momento de usar la aplicación de elementos nutritivos permitiendo conseguir cosechas con buenos rendimiento (FAO, 2016).

1.8.1 Análisis Físicoquímico de Suelo

El rendimiento de cada cultivo se ve afectado por múltiples factores. Cuando el suelo no posee cantidades adecuadas de nutrientes, se opta por adicionar fertilizantes sintéticos para suplir y corregir esas necesidades (Navarro, 2003).

La información que se obtiene de los análisis de suelo sirve como guía para realizar recomendaciones sobre fertilización. Estos análisis como guía básica se deben manejar con un uso correcto debido a que se puede limitar el desarrollo de la planta.

1.8.1.1 Análisis realizados en un laboratorio

En los laboratorios se usan distintas técnicas, que va en dependencia del tipo de muestra. Los análisis que se realizan de forma rutinaria son los siguientes:

- pH: Potenciómetro
- Fosforo: Extractante: Bray & kurtz, reactivo de color: Cloruro estannoso. Por fotolorimetría
- Cationes: Extractante: Acetato de Amonio
- Calcio y Magnesio: Por complejometría con EDTA
- Sodio y Potasio: Por fotometría
- Conductividad: En pasta saturada, con conductímetro
- Materia orgánica: Walkley & Black

1.9 Determinación Química de nutrientes en suelos

La información derivada del análisis de suelo determina la importancia de los nutrientes que están presentes en la superficie, permitiendo asegurar un rendimiento óptimo; o quizás, se realizaría una enmienda si el suelo tiene deficiencias nutritivas (Calvache, 2009).

Esto ha llevado a determinar cuantitativamente los nutrientes en el suelo, mejorando con los años las formas de experimentación con extractantes debido a sus mejores prestaciones teniendo análisis más eficientes.

Pero, el principio para la determinación de los nutrientes catiónicos se da en dos partes fundamentales:

- Extracción de nutrimentos con el uso de soluciones extractantes.
- Cuantificación de los nutrientes por métodos analíticos.

Se destacan 16 elementos nutritivos entre aniones y cationes, presentándose en cantidades variables según su morfología y composición.

Estos nutrientes cationes son: Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn). Estos analitos son de importancias en el crecimiento de la planta.

1.9.1 Extracción de nutrientes catiónicos

En la extracción que es el procedimiento donde se involucra la utilización de una solución para separar una fracción o totalidad de nutrientes para la planta corresponde (García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, 2012).

En la extracción de nutrientes cationes las fases estacionarias (suelo) y la fase móvil (solución extractante) que asemeja a una cromatografía están sujetas a las condiciones del tipo de suelo (ácido o alcalino). La solución extractante absorbe nutrientes cambiables disponibles en la solución del suelo.

Generalmente, debido a las variaciones entre las propiedades del suelo, los laboratorios de análisis de suelo usan diferentes soluciones extractantes.

1.9.1.1 Tipos de soluciones extractantes

De acuerdo con el tipo de soluciones existen una diversidad de extractantes. Para soluciones acidas se encuentra: Mehlich I, Mehlich II, Mehlich III, Bray 1, Bray 2. En las soluciones básicas encontramos: ISFEIO, Olsen, Olsen modificado y soluciones neutras (Agua) (Garcia, Y ., Ramírez, W., & Sánchez, 2012).

La solución extractante ácida, Mehlich III, es la más útil debido a amplio uso en diversos suelos. Considerado el extractante universal, debido a que todos los macronutrientes y la mayoría de micronutrientes se puede cuantificar con este extractante.

1.9.1.1.1 Solución Extractante Olsen Modificado

Utilizado en muestras que contengan un pH neutro- alcalino, debido a que el bicarbonato ayuda en la solubilización de nutrientes. Pero el grado de extracción en suelos ácidos no permite su efectividad (Gil, 2002).

1.9.1.1.2 Suelos Extractante Mehlich III

Usado en suelos con pH ácido, los cationes cambiables (Ca, Mg, Na, K) son extraídos debido a la acción de nitratos de amonio y el ácido nítrico. Los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn) son extraídos mediante el uso de agente quelante EDTA y NH₄ (Gil, 2002).

1.10 Análisis cromatográfico

1.10.1 La cromatografía

La cromatografía fue propuesta por el botánico ruso Mijail Tswett por primera vez en el año de 1903, al realizar investigaciones que radicaban en el uso de una mezcla de cualquiera sustancia lograba poder separarse al contacto con líquidos que a través de una columna de vidrio rellena de un polvo de tiza pasaban sin problemas. Pero para el matrimonio conformado por los rusos Nicolai Izmailov y Maria Schraiber, este método resultaba un poco difícil de realizar por lo que emplearon hojas de papel filtro impregnada con la unión de algunas sustancias, logrando en la superficie del papel se forme un cromatograma. Cada cromatograma es el resultado de características físicas y químicas que, al interactuar con sustancias determinadas, es capaz de apartar e identificar características de un mismo elemento (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Theodor Schwenk observó que al colocar una aguja suspendida a cierta distancia de un cristal se formaba un fluido, que al estar en contacto con el vidrio generaba una fotografía que evaluaba el estado del fluido. Luego Pfeiffer, en base a sus estudios en microbiología y bioquímica acertó que al preparar una solución al 1% de hidróxido de sodio (NaOH) en una muestra de suelo vivo era suficiente para que las sustancias nitrogenadas del metabolismo microbológico reaccionaran produciendo su solubilización. Y que al ser expuesta en un papel filtro impregnado con el Nitrato de Plata (Ag NO_3), causaba la formación de anillos con distancias y colores que van de acuerdo con el contenido de las sustancias nitrogenadas contenidas en el suelo (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Esta técnica, no requiere un gran equipo de laboratorio químico, se usa discos circulares de papel filtro de 15 centímetros de diámetro, un pequeño agujero en el medio, donde se coloca una pajilla o puente. Con unas cajas Petri, se añade nitrato de plata al 0.5%, esta solución sube por la pajilla y se extiende 4 cm del centro del disco.

Con esta técnica, se determina en forma general la presencia de materia orgánica y minerales “trazas”, pero no los minerales inorgánicos, en las sustancias químicas y en las vitaminas, dándonos una guía de entendimiento ya que en los análisis oficiales de suelo se enfocan en cuantificar el NPK, dejando a un lado el valor biológico de los suelos. Resulta ser un buen apoyo en los procesos de análisis químico, físico y biológico del suelo de una manera cualitativa (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

La cromatografía de Pfeiffer logra ser una gran ayuda porque comprueba la actividad y calidad biológica que genera una muestra de suelo, esta interacción de minerales, enzimas y microorganismo arroja resultados cualitativos, teniendo una ayuda didáctica de utilidad para el agricultor.

1.10.2 Interpretación de la cromatografía

La prueba del cromatograma sobre papel especial muestra una idea visual de como interacciona el suelo con los procesos dinámicos que ocurren en el mismo. El cromatograma que se obtiene posee particularidades afines a cada suelo, debido a la integración de los microorganismos, materia orgánica, nutrientes (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

La interpretación se realiza en bases a las zonas que lo conforman, su tamaño, colores revelados y formas. Un cromatograma posee cinco zonas, que van desde adentro hacia

afuera, teniendo una zona interna, una zona intermedia, una zona externa y una zona periférica. En la Imagen 1 se pueden observar las zonas que posee un cromatograma.

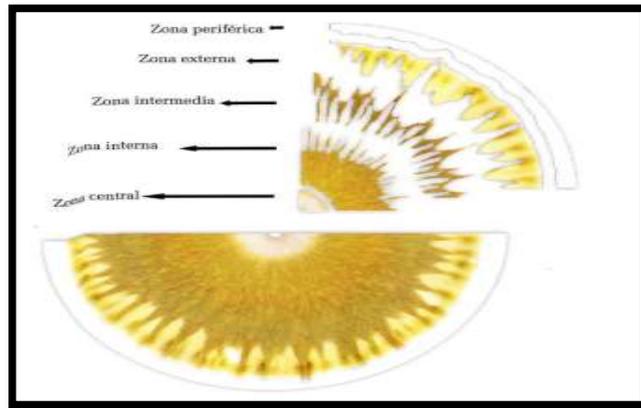


Imagen 1. Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma de suelo.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

1.10.2.1 Zona central

Catalogada también como zona de aireación u oxigenación. Esta zona no se presenta en suelos con mal manejo, debido al uso de agroquímicos o maquinaria pesada. La compactación, pérdida de estructura y nula materia orgánica también son otras de sus características. En la Imagen 2 se pueden observar tres distintos cromatogramas, de acuerdo con su coloración. Un color blanco cremoso es un indicador de buena salud del suelo, debido a que no presenta problemas de compactación y demuestra una buena estructura con presencia de materia orgánica.

El centro del croma con un color blanco indica un contenido excesivo de abonos nitrogenados o abonos crudos como estiércoles ricos en nitrógeno (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).



Imagen 2. Representación de tres cromatogramas, de acuerdo con su coloración.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

1.10.2.2 Zona interna

Se llama también zona mineral, es el segundo anillo y aquí podemos observar la presencia de la mayoría de las reacciones minerales. Cuando un suelo está altamente mineralizado y destruido presenta una coloración pardo negruzco, debido a la ausencia de materia orgánica y poca actividad microbológica. En la imagen 3 se observa un suelo con escasa diferenciación central (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).



Imagen 3. Suelo con escasa diferenciación central.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

En suelos arcillosos, la zona interna mostrará uniformidad, pero con ausencia de la zona central, debido a la erosión, y falta de actividad biológica. En la imagen 4 se observa un cromatograma de un suelo mineralizado (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).



Imagen 4. Suelo mineralizado, centro poco visible.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Un suelo con buena estructura, con actividad dinámica de microorganismos y presencia de materia orgánica, dará un color cremoso que va desde el centro hacia la zona interna, generando armonía hasta el final del croma. Este es un indicador de un suelo sano. En la imagen 5 se puede apreciar un suelo con características ideales (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

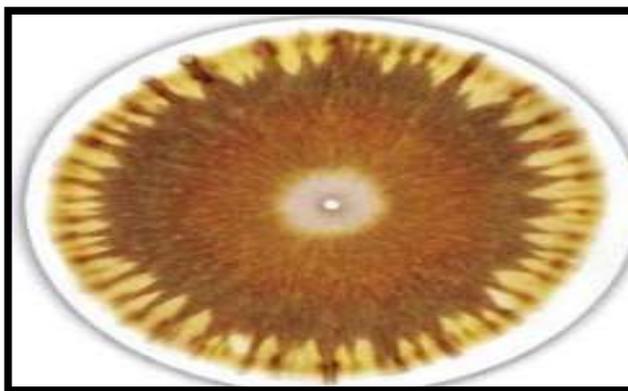


Imagen 5. Suelo ideal con una buena estructura.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

1.10.2.3 Zona intermedia

Llamada también zona de materia orgánica o zona proteica. El anillo que se forma es un indicador de que se existe materia orgánica, pero dependiendo del color que adquiere se

puede decir si tiene una alta presencia de materia orgánica cruda o ya en descomposición. En la imagen 6 se observa un cromatograma de un suelo con manejo convencional.

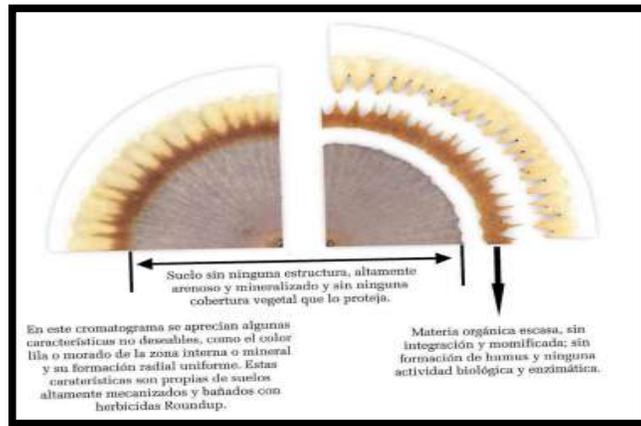


Imagen 6. Cromatograma de un suelo manejado convencionalmente en cultivo de mango.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Un tono dorado que, al integrarse de forma armónica con las demás zonas, indica que es un suelo con buena calidad biológica, pero se menciona que no siempre la presencia de materia orgánica se encuentre totalmente integrada o no está activa biológicamente en este tercer anillo (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

1.10.2.4 Zona externa

Designada como zona enzimática o nutricional. Aquí se puede observar lunares suaves o nubes onduladas, indicando que se posee un suelo de calidad ideal. De acuerdo de la diversidad del suelo tendremos notables variaciones de color.

Al existir armonía en las cuatro diferentes zonas, es porque estamos ante un suelo con condiciones ideales, existiendo un equilibrio tanto de microorganismos como minerales, permitiendo obtener buena productividad. En la imagen 7 se aprecia un cromatograma donde existe una interacción de la materia orgánica y mineral.

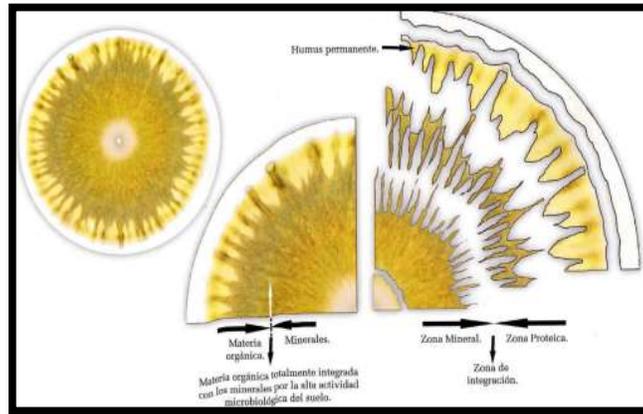


Imagen 7. Interacción de la materia orgánica y minerales en el suelo representado en un cromatograma.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Al observar el cromograma se debe ser muy detallado en las formas de los radios, en las líneas ramificadas debido a que la ausencia de estas líneas ocasiona que sea un suelo de mala calidad o excesivo uso de agroquímicos. Si por el contrario se observa indicios de ramificarse es debido a procesos de regeneración del suelo. En la imagen 8 se observa la zona externa de un cromatograma con distintas características (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

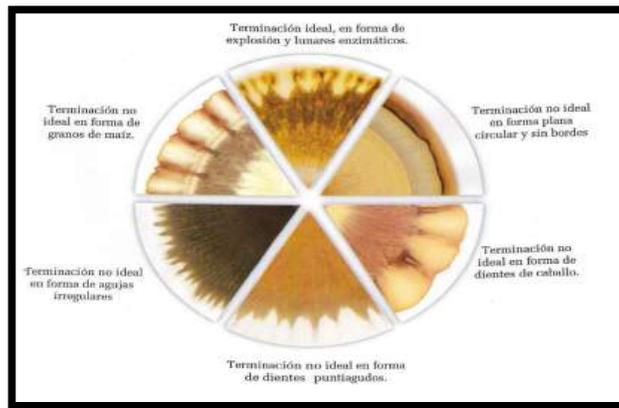


Imagen 8. Seis distintas características en zona externa de un cromatograma.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Una buena lectura e interpretación de las tonalidades representadas por cada cromas es determinante a la hora de realizar una nutrición en el suelo. Con esta herramienta, podemos verificar la salud del suelo.

1.10.3 Coloración de los cromatogramas

Los diferentes tonos adquiridos en los cromas, se debe a muchos factores, teniendo suelos con colores amarillos, dorados, anaranjados, café claro o rojizos que nos indicara que estamos ante un suelo sano. Colores cenizos, negro, lilas, gris o tonalidades azuladas son indicadores de que el suelo no se encuentra saludable ocasionando una mala calidad de este. La imagen 9 representa las tonalidades deseables y no deseables de un cromatograma de suelo (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

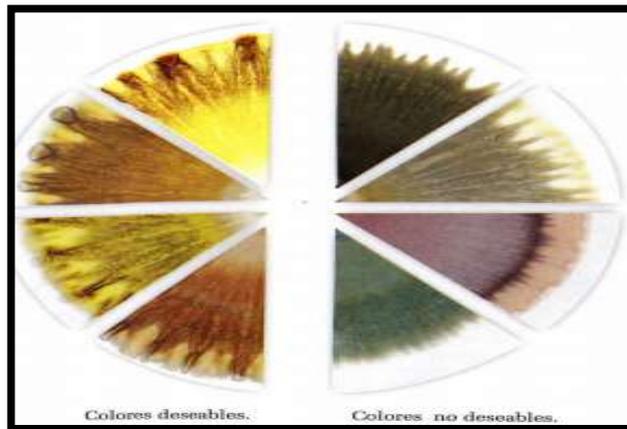


Imagen 9. Tonalidades deseables y no deseables de un cromatograma de suelo.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

Al observar la coloración de los cromas podemos ver la radiación que presentan, teniendo líneas rectas que parten desde la zona central, también se presenta múltiples ramificaciones de diversos tamaños. La presencia de las múltiples ramificaciones es signo de suelos con una buena calidad estructural o presenta una actividad microbiológica estimulada por la incorporación de materia orgánica. La ausencia de las múltiples ramificaciones es señal que el suelo está siendo destruido, no posee estructura, está compactado y posee un uso excesivo de agroquímicos. En la imagen 10 se observa la tonalidad de un cromatograma de un suelo deseable (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

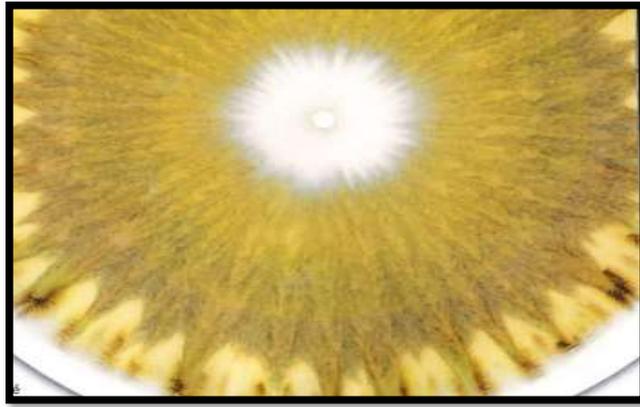


Imagen 10. Tonalidad deseable en un cromatograma de suelo.

Fuente: (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

1.11 Sistemas de Información Geográfica y la Geografía (SIG)

Los sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas de análisis, donde se almacena los datos para luego crearla en la escala deseada. Un SIG no almacena un mapa o gráfico, esta herramienta permite almacenar es una base de datos. La mayor ventaja de un SIG es la identificación de las relaciones espaciales entre características de varios mapas (Neteler, M., & Mitasova, H, 2008).

El SIG, es utilizado en el diseño, desarrollo y fortalecimiento del sistema de estadística. La información genera es de importancia, ya que se puede detallar procesos vitales o dar a conocer cierta información para gestionar, analizar y visualizar datos en un formato de mapa digital.

1.11.1 Componentes de los SIG

Un SIG está estructurado por cuatro fundamentales elementos como son el hardware, software, datos y liveware (Caballero, 2017).

El hardware es el componente físico del sistema, constituido por un ordenador donde una serie de periféricos están conectados en dos grupos fundamentales: de entrada y de salida.

Los periféricos de entrada como son mesas digitales, scanner y el teclado. En los segundos, impresoras, monitores o trazador. Las unidades de almacenamiento son tratadas como grupo aparte.

El software, es el que realiza las operaciones y el manejo de datos. Existen en el mercado diferentes variedades de modelos, pero todas se encargan de dar una facilidad de acceso y tener un mayor procesamiento en el análisis de datos complejos.

En la aplicación del SIG, se debe manejar datos geográficos ya que constituyen la base del sistema, no tener datos genera una dificultad debido a no tener la indagación necesaria que permita realizar de forma correcta el almacenamiento de los datos. Los datos al ser almacenados generan una información que puede ser compartida con el público.

1.11.2 Datos e información Geográfica

En la obtención de datos para el manejo de la información geográfica, se debe detallar cuatro partes a seguir (Caballero, 2017).

En el primer parte se realiza la obtención de datos, estos datos pasan a la segunda parte para que se realice su recopilación, en esta parte, los datos recopilados generan una base de datos. Al llegar a esta fase entraríamos a una tercera parte que es la obtención de información.

En la obtención de información que es el proceso interpretativo generado por el usuario o individuo en añadir los datos. Por finalizado, se obtiene el conocimiento que abriría al investigador en extraer consideraciones concluyentes.

En la busca del análisis de estos datos genera una complejidad que puede ser clasificada en tres grupos diferenciados: las temáticas, las espaciales y las temporales.

Las temáticas que son todos aquellos atributos que no coinciden con aspectos topológicos y geométricos, teniendo una amplia posibilidad en clasificarse heterogéneamente. Las espaciales incluyen las relaciones espaciales, propiedades espaciales y la posición. Estas características tienen relación en la localización de los objetos sobre el territorio o su relación con otros hechos geográficos (Lazo, 2016).

Las temporales denominadas también componente temporal, se asigna al tiempo como factor de cambio que a su vez explica los procesos geográficos esta fuera de duda. La secuencia de mapas, mapas animados y mapas con diferentes temporales son las soluciones adoptadas en el reflejo de los procesos espacio-temporales.

1.11.3 Modelos y estructura de datos

En la implementación del SIG, hay que convertir los datos espaciales para que el software elegido interprete la realidad en digital (QGIS, 2017).

Son dos grandes fórmulas para que se estructure la información real en un sistema informático, estas son el modelo vectorial y el modelo raster.

Las características del modelo raster es la creación de píxeles, cada una de ellas tiene una propiedad espacial. Esta propiedad espacial usa una base teórica como la teledetección y al integrar la información geográfica de las imágenes satelitales se vuelve más fácil de realizar. El elemento básico del modelo raster es la celda.

La celda posee una forma cuadrada o rectangular, teniendo el mismo tamaño. El tamaño determina la escala de la imagen que se está realizando, cuanto más grande sea esta menor será la escala de resolución que se obtenga.

En el modelo vectorial, que es la entidad geográfica encargada de partir de tres elementos básicos: líneas, puntos y polígonos. Los datos vectoriales, representan límites definidos, es decir la localización de los elementos geográficos sobre el espacio. Cada geometría está vinculada en una base de datos donde se describen sus atributos.

1.11.4 Interfaz

Cuando QGIS inicia, muestra la siguiente interfaz gráfica (ver figura 1).

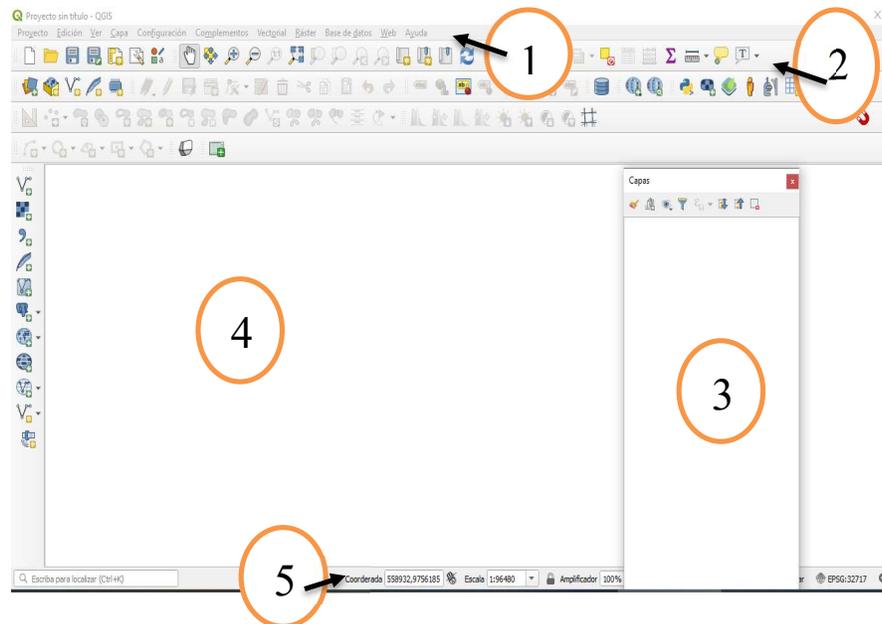


Figura 1. Elementos del programa QGIS.

Fuente: (SERNANP, 2015).

1.11.4.1 Descripción de los elementos de la interfaz

1.11.4.1.1 Barra de herramienta menú

Esta barra permite el acceso a características de QGIS mediante un menú estándar. Posee múltiples opciones para el uso correspondiente. En la figura 1, el numeral 1 indica a la barra de herramientas menú (SERNANP, 2015).

1.11.4.1.2 Barra de herramientas ayuda

Proporciona acceso a las funciones del menú, esta barra además tiene herramientas adicionales que interactúan con el mapa. En la figura 1, el numeral 2 indica a la barra de herramientas ayuda.

1.11.4.1.3 Panel de capas

El panel de capas establece la visibilidad y orden dibujado de las capas. Las capas que se colocan cerca de la parte superior se dibujan sobre las capas de abajo. En la figura 1, el numeral 3 indica el panel de capas.

1.11.4.1.4 Vista del mapa

Los mapas son mostrados en la parte derecha del panel capas, esta vista hace que se visualice el mapa en esta ventana, pero dependerá de las capas raster o vectorial que se haya seleccionado. En la Figura 1, el numeral 4 indica a la vista del mapa (SERNANP, 2015).

1.11.4.1.5 Barra de estado

Se muestra aquí la posición de las coordenadas del mapa a medida que se mueve por la vista del mapa el puntero.

De acuerdo con la orientación del mouse se puede visualizar las coordenadas, escala del mapa entre o referenciar las coordenadas del proyecto actual. En la figura 1, el numeral 5 indica a la barra de estado.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del lugar de la investigación

La investigación se realizó en sistemas productivos de la parroquia Colonche, en el cantón Santa Elena, provincia del mismo nombre. La Figura 2 es una imagen de la base de datos digital elaborada, en ella se puede apreciar la ubicación de los puntos de muestreo seleccionados.

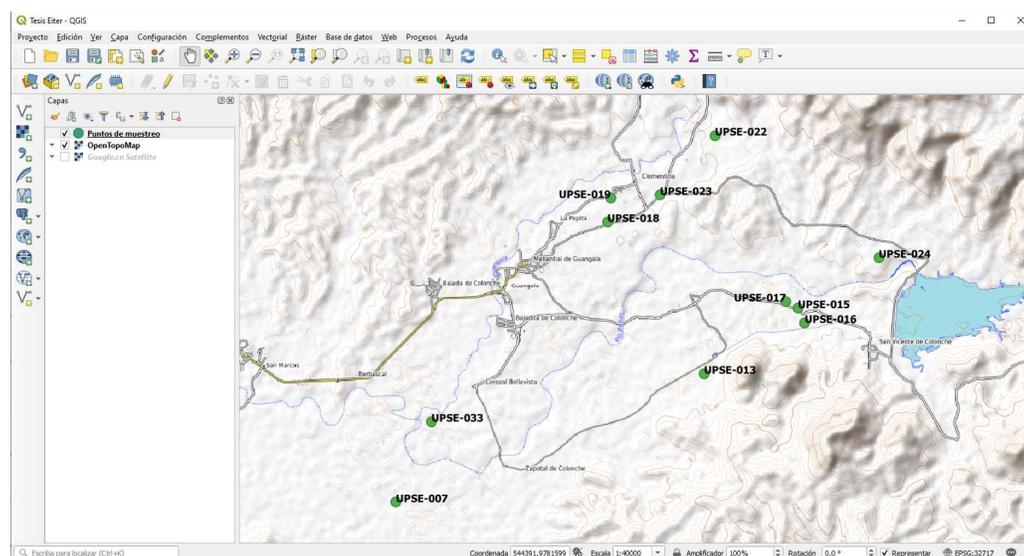


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: Elaborada por el Autor

Se seleccionaron nueve sitios para realizar el muestreo de suelos, el criterio de elección fue tipo de uso de la tierra, buscando representatividad de las diversas coberturas que existen en la Parroquia, como se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos de uso de la tierra en los sitios de muestreo.

No. muestra	Comuna	Uso	Tipo de cultivo
UPSE-007	San Marcos	Maní, mango	Frutal y hortícola
UPSE-013	Cerezal-Bellavista	Maracuyá	Hortícola
UPSE-016	Cerezal-Bellavista	Maíz, poco antropizado	Hortícola
UPSE-017	Cerezal-Bellavista	Maíz	Hortícola
UPSE-018	Clementina	Maracuyá	Hortícola
UPSE-019	Clementina	Zapallo	Hortícola
UPSE-022	El Salado	Papaya	Hortícola
UPSE-023	Clementina	Banano	Hortícola
UPSE-024	Las Balsas	Terreno poco usado, sandía	Hortícola

No. muestra	Comuna	Uso	Tipo de cultivo
-------------	--------	-----	-----------------

Fuente: Elaborada por el Autor.

2.2 Toma de muestras

La muestra se tomó dentro de las parcelas agrícolas, en puntos alejados de caminos o cualquier otro elemento que pudiera alterar las condiciones naturales de los suelos.

En cada sitio seleccionado se tomó una muestra compuesta de aproximadamente 40 cm de profundidad. Para ello se extrajeron varias submuestras en un círculo de 1 m de diámetro.

Se prepararon dos fundas para cada sitio, una para enviar al del Laboratorio del INIAP para realizarle análisis químicos y físicos y la otra que fue empleada en la obtención de los cromatogramas.

2.3 Procesamiento de las muestras

Las muestras extraídas se sometieron a un proceso de secado bajo la sombra. Una vez que estuvieron secas se les eliminaron piedras, palos y otros objetos no deseados.

De cada muestra seca se tomaron 100 gramos, que se pasaron a través de un tamiz logrando una pulverización de las partículas del suelo. Luego con la ayuda de un mortero se molieron hasta obtener un polvo fino, tipo talco. De este último se pesaron 5 gramos para la elaboración del cromatograma.

2.4 Preparación de los reactivos y papel filtro

2.4.1 Solución de hidróxido de sodio

Para preparar la solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1%, se tomó un litro de agua destilada y se le añadieron 10 gramos de hidróxido de sodio que fueron disueltos. La mezcla preparada se colocó en un envase de vidrio con cierre hermético, además se le puso la identificación correspondiente para evitar equivocaciones o accidentes.

2.4.2 Solución de nitrato de plata

La solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0,5% se preparó disolviendo un gramo de nitrato de plata en 100 mL de agua destilada. Esta solución es suficiente para

impregnar aproximadamente hasta 70 filtros circulares. Se debe proteger de la luz del sol en un envase oscuro, para que no se degrade la solución. El recipiente con la solución fue debidamente identificado para evitar accidentes en su uso.

2.4.3 Preparación del papel filtro

El papel filtro utilizado fue el Whatman No. 4 circular, de 155 mm de diámetro. Se realizó una perforación en el centro del papel filtro, con un clavo de acero. El diámetro de la perforación es fundamental, cuando un orificio queda grande, la pajilla no se impregna con buena humedad en el papel filtro, conduciendo a descartarlo. Luego se marcó en el papel filtro una distancia de 4 cm y 6 cm desde el centro unos pequeños agujeros, esto con la ayuda de una aguja de jeringa.

Esas marcas fueron indicadores del humedecimiento a considerar durante el proceso de impregnación, tanto del nitrato de plata como del hidróxido de sodio.

Se prepararon unas pajillas (éstas fueron la conexión entre las soluciones y el papel filtro), para ello se cortaron fragmentos cuadrados del mismo papel de 2 cm de lado. Con la ayuda de un clavito, se enrolló el papel filtro para obtener las pajillas que sirvieron como puente entre el papel filtro y las soluciones utilizadas. Con ellas se absorbió la humedad y la impregnación de la solución de nitrato de plata al 0,5%.

Cuando papel filtro absorbió el nitrato de plata quedó impregnado de esta solución, que debe llegar a los 4 cm desde el centro, esto se realizó con la ayuda de una caja Petri, la pajilla y en condición oscuridad o semipenumbra.

Cuando el papel estuvo impregnado de la solución de nitrato de plata al 0,5%, se aseguraron los bordes y se fue retirando lentamente la pajilla. Durante la manipulación esta sustancia se requirió el uso de protección como guantes para evitar manchas en las manos con el nitrato de plata.

El papel filtro impregnado con nitrato de plata se puso a secar dentro de una caja de cartón a oscuras. Al realizar esta acción se colocó el papel filtro entre dos pedazos de papel toalla y dos hojas papel bond A4. Esto facilitó el secado del papel filtro evitando que se manchen entre sí. Para lograr un secado completo se dejó reposar el papel filtro en la caja de cartón por 4 horas.

2.5 Obtención de los cromatogramas

Se tomaron 5 gramos de la muestra de suelo y se disolvieron en 50 mL de la solución de hidróxido de sodio al 1%, este procedimiento se realizó en un recipiente de vidrio transparente con capacidad para 125 mL.

La mezcla obtenida en el recipiente de vidrio se agita, dando giros de izquierda a derecha y viceversa. Se hicieron series de siete giros completando en total de 49 giros para homogenizar la solución.

Se dejó en reposo la solución por un tiempo de 15 minutos, para volver a agitar nuevamente de izquierda a derecha y viceversa, por un tiempo de 2 minutos. Luego se dejó nuevamente en reposo la solución por un tiempo de 1 hora y se volvió a realizar el procedimiento de agitación por unos dos minutos.

Posteriormente se procedió a guardar la muestra por un tiempo de 6 horas en reposo, para que reaccionara el hidróxido de sodio con la muestra de suelo. Una vez cumplido el tiempo de espera de la reacción de hidróxido de sodio con la muestra y del secado del papel filtro, se procedió a la corrida o análisis del suelo.

Se añadieron 10 cm³ de la mezcla de suelo e hidróxido de sodio en una placa Petri, con la ayuda de una jeringa sin aguja. La solución de suelo se dejó recorrer hasta los 6 cm marcados previamente en el papel filtro, es decir, la solución pasó dos centímetros más delante de los 4 cm impregnados con nitrato de plata seco logrando alcanzar los 6 cm. Se retiró la pajilla usada en el recorrido para lograr el revelado de la muestra.

Se dejó descansar el cromatograma de forma horizontal en una superficie plana y limpia, mientras se fue secando se evitó tocar el papel filtro circular, ya que se puede dañar la muestra. El revelado final tomó un tiempo hasta poder estabilizar el cromatograma y observar las características del suelo.

Una vez seco el cromatograma, se procedió a identificar la muestra a través del espacio que sobró del borde del papel filtro sin impregnación. Con la ayuda de un lápiz se escribió la fecha y lugar en el cromatograma. Luego el cromatograma se debe cubrir con esmeralda, lo cual consistió en añadir una capa delgada de parafina al cromatograma, con el propósito de preservar sus características.

Los cromatogramas se guardaron en un lugar con poca humedad, evitando la exposición prolongada a la luz.

2.6 Interpretación de los cromatogramas

En la interpretación de los cromatogramas se siguió el procedimiento propuesto por (Contarato Pilon, L., Henrique Cardoso, J. and Sanches Medeiros F, 2018), que consta de tres pasos:

1. Identificación de las zonas.
2. Caracterización de cada zona, incluye definición de colores y tonos, espesor, patrones radiales de las líneas, integración en los límites de las zonas.
3. Evaluación de la calidad del suelo en función de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en este.

Estos autores recomiendan que en el análisis visual se establezcan puntuaciones de 1 a 5, donde los valores cercanos a 1 evidencian suelos con características no deseadas, mientras que 5 son suelos considerados “buenos” en cuanto a su fertilidad y funcionamiento. En la Tabla 4 se presentan las puntuaciones utilizadas para el análisis y la descripción visual de las características de los suelos observadas en los cromatogramas.

Tabla 4. Puntuaciones para el análisis y la descripción visual de los cromatogramas.

Colores	Puntos	Integración	Puntos
Homogéneo; oscuro y negro; colores borrosos, poco intenso	1	Anillos, marcados y concéntricos homogéneos (falta de integración)	1
Gris a Pardo	2	Algunos anillos, integración abrupta	2
Beige	3	Integración clara de patrones	3
Claro, blanquecino	4	Integración gradual	4
Amarillo, crema; intenso y heterogéneo	5	Integración difusa y patrones que se entrelazan	5

Trama radial	Puntos	Terminación	Puntos
Ausencia de plumas o sus vestigios	1	Ausencia de picos conectados a plumas	1
Solo líneas radiales	2	Puntiagudos	2
Líneas radiales y plumas estrechas	3	Puntiagudos con derivaciones	3
Líneas radiales o plumas que cubren todo el cromatograma	4	Algunos picos que se abren al final en puntos	4
Plumas radiales prominentes /gruesas	5	Picos que se abren al final en forma de manchas	5

Fuente: (Contarato Pilon, L., Henrique Cardoso, J. and Sanches Medeiros F, 2018)

Los resultados del análisis anterior se compararon con características químicas determinadas en el laboratorio.

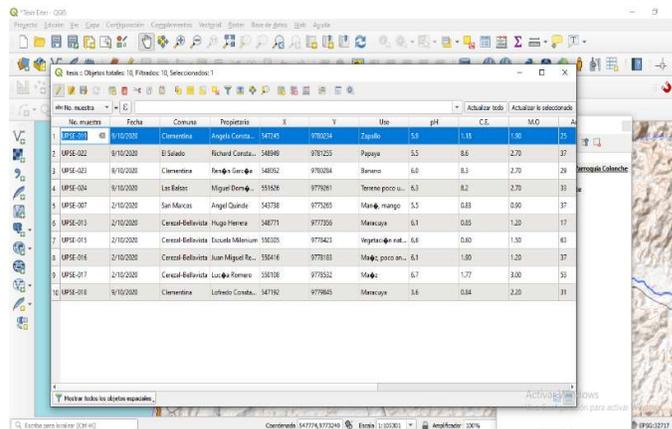
2.7 Base de datos digital con los resultados del proyecto

Con la información recopilada en el proyecto se desarrolló una base de datos digital, aprovechando las bondades del programa de manejo de información geográfica QGIS.

En Microsoft Excel se preparó una hoja de datos cuyas columnas constituyeron la base para la creación de los campos de la base de datos digital (Tablas 3 y 4). Éstas incluyen:

1. Identificador del sitio de la muestra.
2. Coordenadas X, Y (fueron tomadas con GPS).
3. Comuna a que pertenece el sitio donde se tomó la muestra.
4. Uso de la tierra.
5. Propiedades de los suelos: pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, porcentajes de arena, limo y arcilla, clase textural, suma de bases, relación de adsorción de sodio, entre otras.

La tabla de Excel fue convertida a formato CSV (valores separados por comas) para luego ser importada al QGIS y de esta manera crear una capa de puntos en la que se representan los sitios de muestreo (Figura 3).



No. muestra	Fecha	Comuna	Propiedad	X	Y	Uso	pH	C.E.	M.G.	Área
1	6/10/2020	Clementina	Angela Conda... 547241	978024		Zapallo	5,8	1,15	1,90	75
2	6/10/2020	El Salado	Richard Conda... 548949	978125		Pajaya	5,5	8,6	2,70	37
3	6/10/2020	Clementina	Fernando Conda... 548952	978034		Bermea	6,0	8,3	2,70	29
4	6/10/2020	Las Batazas	Miguel Berna... 559526	977691		Terreno poco u...	6,3	8,2	2,70	33
5	6/10/2020	San Marcos	Angel Quinde... 543738	977265		Manga mango	5,5	0,89	0,90	37
6	2/10/2020	Cereval-Bellavista	Hugo Herrera... 548773	977256		Mesquite	6,1	0,85	1,20	17
7	2/10/2020	Cereval-Bellavista	Isabela Mironum... 558205	977643		Vegetación nat...	6,6	0,80	1,30	43
8	2/10/2020	Cereval-Bellavista	Juan Miguel Re... 558416	977618		Manga poco sa...	6,1	1,80	1,20	37
9	2/10/2020	Cereval-Bellavista	Luis Romero... 558108	977652		Manga	6,7	1,77	3,00	59
10	6/10/2020	Clementina	Loredo Conda... 547192	977645		Mesquite	3,6	0,84	2,20	31

Figura 3. Fragmento de la tabla de atributos de los sitios de muestreo en QGIS.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Interpretación de los cromatogramas

En este acápite se presenta la interpretación de los cromatogramas obtenidos y se realiza una evaluación de la calidad del suelo en función de las características observadas.

3.1.1 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-007

En la Tabla 5 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-007, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 11.



Imagen 11. Cromatograma de la muestra UPSE-007.

Tabla 5. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-007.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Pardo muy claro (10 YR 7/3)	2	1.0	Ausencia de integración	1
Zona 2. Interna o mineral	Pardo (7.5 YR 5/2)	2	1.5	Ausencia de integración	1
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo oscuro (7.5 YR 5/8)	2	1.8	Algunos anillos, integración abrupta	2

Zona 4. Externa o nutricional	Pardo muy claro (10 YR 7/3)	2	1.0		
-------------------------------	-----------------------------	---	-----	--	--

Trama radial	Ausencia de plumas o sus vestigios	1
Terminación	Ausencia de picos conectados a plumas	1

Fuente: Elaborada por el Autor.

Este es un suelo que en su zona de oxigenación se observa que ha sido manejado con técnicas convencionales, su color pardo claro es indicador de una fertilización mineral. La falta de integración entre la zona central y la interna evidencia la posible compactación del suelo y débil transmutación de minerales presentes en el suelo.

El color oscuro de la zona intermedia es indicador de poca actividad biológica y bajo contenido de materia orgánica, que se corrobora con la ausencia de terminaciones, similar a la Figura 23-4 de (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011). Según estos autores la ausencia de tramas radiales es señal del deterioro del suelo producto del manejo inadecuado.

3.1.2 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-013

En la Tabla 6 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-013, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 12.



Imagen 12. Cromatograma de la muestra UPSE-013.

Tabla 6. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-013.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris muy oscuro (10 YR 3/1)	2	1.0	Ausencia de integración	1
Zona 2. Interna o mineral	Amarillo (10 YR 7/8)	2	1.0	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento (10 YR 5/6)	2	2.0	Ausencia de integración	1
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo muy claro (10 YR 7/3)	2	1.0		

Trama radial	Ausencia de plumas o sus vestigios	1
Terminación	Ausencia de picos conectados a plumas	1

Fuente: Elaborada por el Autor.

Este suelo está fuertemente alterado producto del manejo recibido. En la zona central se observa anillo blanquecido que señala la presencia de abonos nitrogenados de alta solubilidad que se combina con el color gris oscuro indicando falta de estructura, compactación y efecto del empleo de productos químicos. Lo cual se constató en durante el momento de muestreo. El color de la zona intermedia es indicativo de un suelo con bajos contenidos de materia orgánica, además con la terminación plana, circular, sin bordes complementa el criterio de un suelo deteriorado (Medina Saavedra, Arroyo Figueroa & Peña Caballero, 2018)

3.1.3 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-016

En la Tabla 7 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-016, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 13.

Tabla 7. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-016.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris muy oscuro (10 YR 3/1)	2	1.5	Ausencia de integración	1
Zona 2. Interna o mineral	Gris claro (10 YR 7/1)	2	1.0	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento (10 YR 5/8)	2	2.5	Ausencia de integración	1
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo muy claro (10 YR 7/3)	2	1.0		

Trama radial	Solo líneas radiales	2
Terminación	Puntiagudos	2

Fuente: Elaborada por el Autor.



Imagen 13. Cromatograma de la muestra UPSE-016.

Este suelo cultiva de maíz con colores oscuros en su zona central denota falta de oxigenación, compactación, deterioro de sus propiedades físicas, especialmente su estructura debido al uso de agrotóxicos. Sin integración entre las cuatro zonas indicando la poca transmutación de los minerales. El color de la zona proteica, podría ser señal de la presencia de materia orgánica, sin embargo, al parecer no se encuentra integrada a suelo, ni está biológicamente activa (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011). El desarrollo radial en el cromatograma es prácticamente nulo, otro indicador del deterioro de este suelo.

3.1.4 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-017

En la Tabla 8 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-017, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 14.

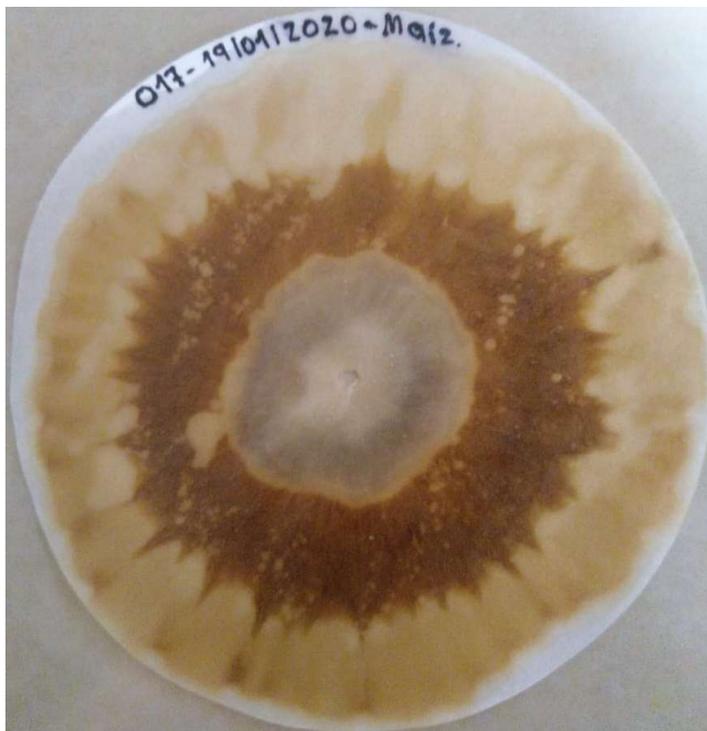


Imagen 14. Cromatograma de la muestra UPSE-017.

Tabla 8. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-017.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris claro (10 YR 7/2)	2	1.0	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 2. Interna o mineral	Pardo grisáceo (10 YR 5/2)	2	1.3	Ausencia de integración	1
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo oscuro (10 YR 4/6)	2	2.3	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 4. Externa o nutricional	Amarillo (10 YR 7/5)	5	1.4		
Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas				3
Terminación	Algunos picos que se abren al final en puntos				4

Fuente: Elaborada por el Autor.

La zona de aireación de este suelo demuestra una estructura más desarrollada que en los suelos analizados anteriormente, con mejor integración con la zona mineral, se observan anillos, esto es una señal de que el suelo no está compactado.

El color oscuro de la zona intermedia es indicativo de un proceso lento de descomposición de la materia orgánica y de poca actividad biológica (Miranda, Salla & Araújo, 2018)

Se observa un desarrollo radial en forma de plumas estrechas que terminan en puntos, indicando mejoría en la estructura del suelo y cierto incremento de la actividad biológica (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

3.1.5 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-018

En la Tabla 9 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-018, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 15.



Imagen 15. Cromatograma de la muestra UPSE-018.

Tabla 9. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-018.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris parduzco claro (2.5 Y 6/2)	2	1.0	Integración clara de patrones	3
Zona 2. Interna o mineral	Pardo grisáceo (10 YR 5/2)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo amarillento (10 YR 5/6)	2	1.5		

Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas	3
Terminación	Picos que se abren al final en forma de manchas	5

Fuente: Elaborada por el Autor.

En este cromatograma los colores son indicativos de condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo, buena estructura. Las zonas central y mineral tienen una integración clara, la combinación de colores de ambas demuestra la actividad microbiológica dinámica y la presencia de materia orgánica.

La zona proteica denota la materia orgánica presente en el suelo, en un proceso lento de descomposición y poca actividad biológica. Se observan plumas estrechas desde el centro que terminan en una forma no ideal, como granos de maíz, similar a la representada en la Figura 24 (página 76) de (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011). Estas plumas son señales de cierta evolución del suelo y poco deterioro.

3.1.6 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-019

En la Tabla 10 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-019, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 16.

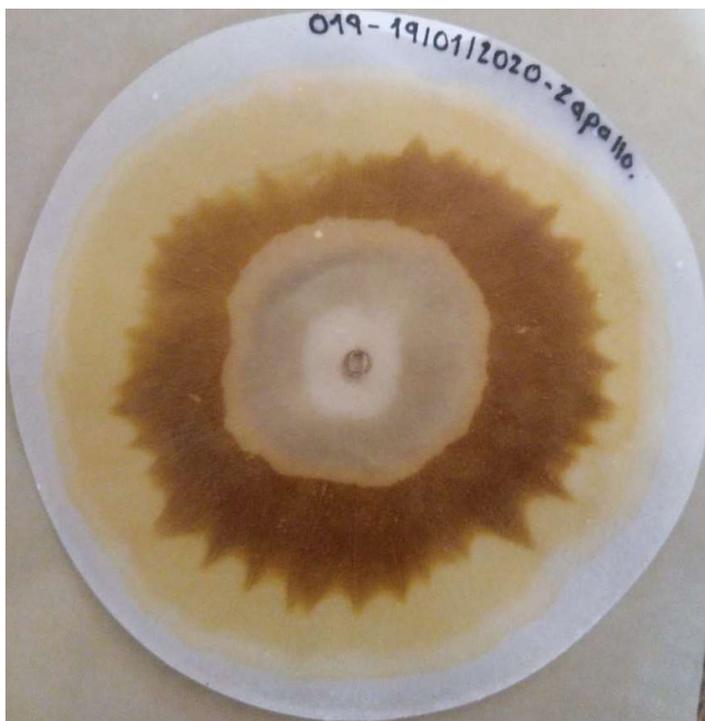


Imagen 16. Cromatograma de la muestra UPSE-019.

Tabla 10. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-019.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris claro (2.5Y 7/1)	2	1.0	Ausencia de integración	1
Zona 2. Interna o mineral	Pardo grisáceo claro (2.5 Y 6/2)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6)	2	1.5	Ausencia de integración	1
Zona 4. Externa o nutricional	Gris parduzco claro (2.5 Y 6/2)	2	1.5		
Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas				3
Terminación	Puntiagudos				2

Fuente: Elaborada por el Autor.

El color claro de su zona central indica la fertilización nitrogenada que ha recibido el suelo en etapas anteriores. La ausencia de integración con la zona mineral es una clara señal de la compactación, por otra parte, la diferenciación de colores con el área nutricional denota la débil transmutación de los minerales presentes en el suelo.

Aparentemente hay presencia de materia orgánica en el suelo, sin embargo, su proceso de descomposición es lento debido a la poca actividad biológica.

3.1.7 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-022

En la Tabla 11 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-022, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 17.

Tabla 11. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-022.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris parduzco claro (2.5 Y 6/2)	2	1.0	Integración gradual	4
Zona 2. Interna o mineral	Pardo grisáceo (2.5 Y 5/2)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo pálido (10 YR 6/3)	2	1.5		
Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas				3
Terminación	Puntiagudos				2

Fuente: Elaborada por el Autor.



Imagen 17. Cromatograma de la muestra UPSE-022.

El color claro de la zona central y su integración gradual con la zona mineral denotan la presencia de buena estructura y no compactación en este suelo, o sea, con características adecuadas para el desarrollo de cultivos.

El color oscuro de la zona proteica es señal de la presencia de materia orgánica en el suelo que se encuentra en un lento proceso de descomposición producto de una débil actividad biológica.

3.1.8 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-023

En la Tabla 12 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-023, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 18.



Imagen 18. Cromatograma de la muestra UPSE-023.

Tabla 12. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-023.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris claro (2.5 Y 7/1)	2	1.0	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 2. Interna o mineral	Gris muy oscuro (5 YR 3/1) y Pardo rojizo (2.5 YR 5/4)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo amarillento claro (2.5 Y 6/3)	2	1.2		
Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas				3
Terminación	Puntiagudos				2

Fuente: Elaborada por el Autor.

Este suelo presenta una zona de aireación de color claro, que podría deberse a la presencia de fertilizantes nitrogenados de alta solubilidad, con una débil integración a la parte mineral.

En la zona mineral se observan anillos de diversos colores, tonos grises oscuros a pardo rojizo, “tonalidades que reflejan el mal estado evolutivo y no saludable” de este suelo (Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011).

3.1.9 Interpretación de las características del cromatograma de la muestra UPSE-024

En la Tabla 13 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-024, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 19.



Imagen 19. Cromatograma de la muestra UPSE-024.

Tabla 13. Análisis del cromatograma de la muestra UPSE-024.

Zonas	Colores	Puntos	Espesor (cm)	Integración	Puntos
Zona 1. Central u oxigenación	Gris claro (2.5 Y 7/1)	2	0.7	Ausencia de integración	1
Zona 2. Interna o mineral	Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2)	2	1.3	Algunos anillos, integración abrupta	2

Zona 3. Intermedia o de materia orgánica	Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6)	2	1.5	Algunos anillos, integración abrupta	2
Zona 4. Externa o nutricional	Pardo amarillento (10 YR 5/4)	2	1.5		
Trama radial	Líneas radiales y plumas estrechas				3
Terminación	Algunos picos que se abren al final en puntos				4

Fuente: Elaborada por el Autor.

Este suelo tiene características similares al anteriormente descrito, el color claro de la zona central demuestra el uso de fertilizantes nitrogenados. Posee una zona mineral con débil transmutación, sin integración con la zona de oxigenación por efecto de la aplicación de insumos sintéticos.

La zona de nutrición es de color oscuro, denotando la presencia de materia orgánica, con poco grado de descomposición y baja actividad biológica. La trama radial es de plumas estrechas, con terminación en forma de picos que se abren en puntos, con dientes de diversos tipos, esto podría ser indicativo de disponibilidad de nutrientes.

3.2 Resultados del análisis de laboratorio

Para el análisis convencional de suelo se procedió a estudiar la información obtenida a través de un laboratorio de suelo. En la Tabla 14 se pueden observar los diferentes resultados obtenidos de las muestras de suelo.

La clase textural que predomina en los suelos de la zona estudiada es la franca, en combinación con arcillas y arenas. Esto facilita su manejo desde el punto de vista del riego y las diversas labores culturales que es necesario realizar a las plantaciones.

Los suelos estudiados poseen un pH que oscila entre Medianamente alcalino y ligeramente alcalino (7.2 – 8.6) que son valores superiores a los considerados como óptimos para el desarrollo de las plantas (5.5 – 7.0), sin embargo, los cultivos de la zona se han adaptado a estas condiciones.

Los contenidos de materia orgánica son bajos, en algunos casos no llegan al 2.0 %. Lo mismo sucede con el NH₄ y el fósforo en algunos de los sitios de muestreo. En el caso del potasio ocurre todo lo contrario, sus tenores son altos en todos los suelos estudiados.

La salinidad de los suelos estudiados se puede valorar a partir de la conductividad eléctrica. Para (Hidalgo, 2015), las zonas áridas tienen problemas de salinidad, los sistemas de irrigación que se usan son de baja calidad debido a la extracción de agua de pozos con elevada concentración de sales, sin embargo, los valores obtenidos no deben afectar a ninguna de las especies que se cultiva en la zona, pues el valor más alto encontrado fue de 1.9 dS/m.

Pero investigaciones de (Villón, 2017) demuestran que, al incrementarse la salinidad, produce antagonismos en la absorción de los minerales en los cultivos en suelos de la provincia de Santa Elena.

Los contenidos de calcio y magnesio en el suelo también se consideran altos.

Tabla 14. Resultados de los análisis de laboratorio.

Muestra	Clase Textural	pH	MO (%)	NH ₄		P		K	Ca	Mg	CE (dS/m)	
				ug ml ⁻¹								
UPSE 007	Franca	7.9	0.9	5	Bajo	9	Bajo	1043	Alto	4200	517	0.83
UPSE 013	Arcillosa	7.9	1.2	7	Bajo	18	Medio	416	Alto	4750	901	0.85
UPSE 016	Franca	8.2	1.2	7	Bajo	14	Medio	704	Alto	4199	757	1.90
UPSE 017	Franco-Arenosa	8.1	3.0	18	Bajo	75	Alto	1569	Alto	5276	383	1.77
UPSE 018	Franco-Arenosa	8.6	2.2	13	Bajo	113	Alto	2403	Alto	5128	447	0.84
UPSE 019	Arcillosa	7.7	1.9	12	Bajo	39	Alto	1751	Alto	4488	755	1.18
UPSE 022	Franca	8.5	2.7	16	Bajo	54	Alto	1488	Alto	5348	494	0.99
UPSE 023	Franco-Arcillosa	7.6	2.7	16	Bajo	37	Alto	1709	Alto	4704	722	0.87
UPSE 024	Franco-Arcillosa	7.2	2.7	16	Bajo	26	Alto	967	Alto	4963	762	0.97

Fuente: Elaborada por el Autor.

En la Figura 3 se muestra la relación que existe entre la integración de las zonas 1 y 2 con el contenido de materia orgánica de los suelos estudiados. Se evidencia que en la mayoría de ellos la ausencia de integración se corresponde con tenores de materia orgánica inferiores a 2.0 %. Sin embargo, según va aumentando el valor de la materia orgánica va apareciendo la integración entre las zonas, se supone que esto sucede producto de que son suelos mejor estructurados, más oxigenados, no compactados, lo cual coincide con resultados obtenidos por (Abad Santana, 2014)

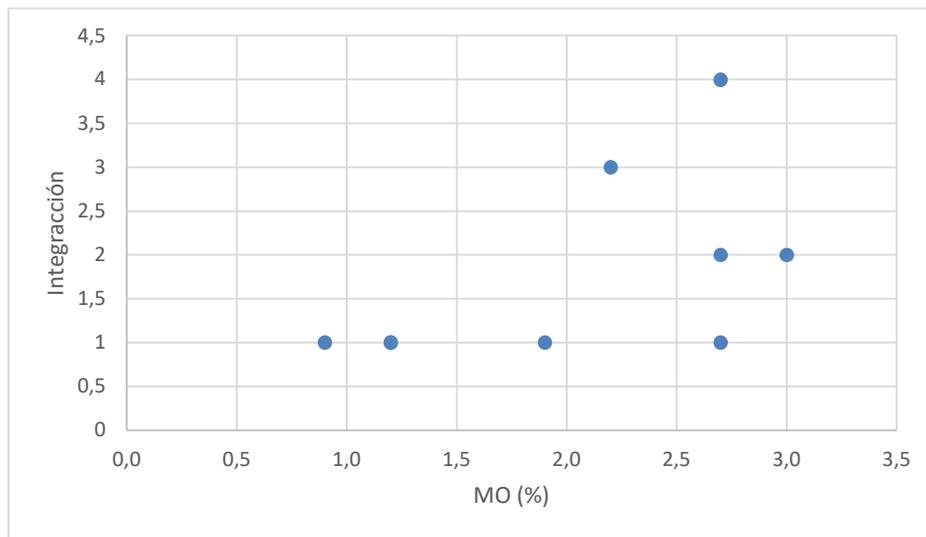


Figura 3. Relación entre la materia orgánica y la integración de las zonas 1 y 2.

3.3 Medidas de manejo para mejorar la calidad de los suelos

Para las labores que están asociadas con la actividad biológica del suelo se pueden proponer las siguientes medidas (FAO, 2000):

- Uso de un mínimo de maquinaria, permitiendo la proliferación de organismos vivos que mejorarán las condiciones del suelo.
- Incrementar los cultivos de cobertura de la superficie del suelo, permitirá el desarrollo microbiano.
- Integración de leguminosas y árboles fijadores de N en los sistemas agrícolas.
- Los árboles poseen raíces profundas y algunas leguminosas mejoran el suelo debido a que poseen la capacidad de bombear hacia la superficie nutrientes del subsuelo.

Otras prácticas usadas en el aporte de fertilidad en diversos sistemas pueden ser:

- Combinación de procesos ecosistémicos y el uso racional de fertilizantes minerales: Esta combinación permite la gestión sostenible de la salud del suelo capaz de producir un rendimiento más alto empleando menos insumos externos.
- Residuos de cosecha: Los restos de la cosecha se incorporan al suelo aumentando la actividad microbiológica logrando dar una estructura y disponibilidad de nutrientes al suelo.
- Control de la erosión: La erosión provoca que la capa productiva del suelo poco a poco vaya desapareciendo, ocasionando que la fertilidad de la tierra desaparezca.
- Rotación de cultivos: Mediante un programa de manejo, se eligen los cultivos con diferentes sistemas radiculares, que estarán en un lapso de tiempo en el terreno. Realizar esta actividad permitirá reducir la incidencia de plagas y mejorará la estructura del suelo.
- Aplicación de compost: Esto contribuirá a que mejoren las condiciones físicas, químicas y biológicas donde se aplique el producto.

Además, se debe fomentar la divulgación de los conocimientos sobre el manejo del suelo ya que permite mejorar la capacidad nacional en realizar investigaciones, teniendo como resultados agricultores siguiendo directrices prácticas en la gestión de la salud del suelo.

Y debido a la ausencia de las prácticas de conservación de los suelos pueden contribuir en problemas tales como:

- Erosión causada por un uso inadecuado de prácticas en la conservación de suelos.
- Muerte o desaparición de elementos vivos que sin ellos no se puede tener la relación simbiótica con los cultivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En la interpretación de los cromatogramas se encontraron colores claros en la zona central lo que evidencia el manejo convencional a que han estado sometidos los suelos estudiados, incluyendo la fertilización mineral.

Los colores oscuros encontrado en la zona intermedia indican la débil actividad biológica presente en los suelos y sus bajos contenidos de materia orgánica.

Las terminaciones planas en varios de los cromatogramas señalan el deterioro físico-químico de los suelos.

Para comparar los métodos realizados se debe tener en cuenta que para la cromatografía se analiza de una forma cualitativa las muestras de suelos y para el análisis físico-químico se analiza de una forma cuantitativa, teniendo variaciones en su interpretación y posterior análisis.

Los resultados de los análisis de laboratorio, especialmente los contenidos de materia orgánica, corroboraron en la mayoría de las interpretaciones realizadas a los cromatogramas, pero en ciertos casos, los análisis de laboratorio reflejaban algo diferente con respecto a la cromatografía de Pfeiffer.

Además, se menciona que la concentración de los nutrientes minerales contenidos en el suelo se puede ver alteradas por factores directos tales como variación climática y actividad humana.

Para mejorar la salud de los suelos estudiados se propone un conjunto de medidas, entre las que se encuentran: incrementar los cultivos de cobertura, incorporación de residuos de cosechas, rotación de cultivos y aplicación de compost.

Recomendaciones

- Difundir prácticas alternativas en el análisis de suelos como es el uso de la cromatografía de Pfeiffer.
- Profundizar el estudio de la cromatografía de suelo como herramienta de diagnóstico de fertilidad de suelo.
- Realizar evaluaciones consecutivas con esta técnica de suelo para poder obtener un mejor resultado.
- Llevar un mejor manejo agronómico del suelo.
- No usar indiscriminadamente productos fitosanitarios para combatir o tratar plagas existentes en el suelo.
- Evitar el uso excesivo de maquinaria en la labranza de los cultivos.
- Sistematizar la información obtenida para fortalecer a futuras investigaciones.
- Realizar esta metodología como complemento con el análisis físico- químico de suelo realizado en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad Santana, 2014. *Evaluación cualitativa mediante cromatografía de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales*, Cuenca: s.n.

Acevedo, 2005. *USDA*. [En línea]
Available at: <http://soils.usda.gov/sqi/soil/>
[Último acceso: 2021].

Agricola, A. d. E. y. Q., 2015. *Edafología: Ciencia Ambientales..* [En línea]
Available at: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFDensidad.htm>
[Último acceso: 2021].

Caballero, J., 2017. *Sistema de informacion geografica para mejorar la gestion tecnica de agua potable en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPA- Huancavilca*, s.l.: s.n.

Calvache, M., 2009. *Curso de fisica de suelos..* Quito: s.n.

Contarato Pilon, L., Henrique Cardoso, J. and Sanches Medeiros F, 2018. *Guía práctico de cromatografía de Pfeiffer*. [En línea]
Available at: <http://cadernos.abagroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/6427>
[Último acceso: 23 abril 2021].

FAO, 2000. *Ecología y enseñanza rural*. [En línea]
Available at: <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>
[Último acceso: 11 Enero 2021].

Fao, 2001. *MEJORANDO LA NUTRICIÓN A TRAVES DE HUERTOS Y GRANJAS FAMILIARES*. [En línea]
Available at: <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s00.htm#TopOfPage>
[Último acceso: 9 Enero 2021].

Fao, 2002. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. [En línea]
Available at: <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#Contents>
[Último acceso: 8 Enero 2021].

FAO, 2009. *Guía para la descripción de suelo..* cuarta ed. ed. Roma: s.n.

FAO, 2015. *La disponibilidad del Agua en el Suelo.*, s.l.: s.n.

Fao, 2015. *Suelos y biodiversidad*. [En línea]
Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4551s.pdf>
[Último acceso: 9 Enero 2021].

FAO, 2016. *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721> [Último acceso: 7 Enero 2021].

FAO, 2016. *Portal de suelo de la FAO*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/> [Último acceso: 2021].

Ferrera, R y Alarcon, A, 2001. La microbiología del suelo en la agricultura. *Ciencia Ergo Sum*, 8(2), pp. 175-183.

Fundacion Heifer Ecuador, 2018. *Fundamento de Subsistencia Páramo II: Creación de capacidades locales para la gestión sustentable de tierras altas como aporte a la protección climática y la adaptación al cambio climático de los sistemas de producción agrícola a pequeña escala*, s.l.: s.n.

Garcia, Y ., Ramirez, W., & Sánchez, 2012. Indicadores de la calidad de los suelos; una nueva manera de evaluar este recurso.. En: Matanzas: s.n.

Gil, R., 2002. *El comportamiento físico-funcional de los suelos*., Buenos aires: s.n.

Heredia Reyes, 2012. *Análisis de un sistema de cromatografía de campo para evaluación de calidad de suelos y compost en empresas asociadas a ecofas*, Sangolquí: s.n.

Hidalgo, G., 2015. *Evaluación de láminas de riego en el rendimiento del cultivo de sandía (Citrullus lanatus T.) híbrido Royal Charleston en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena*, s.l.: s.n.

IEE, Instituto Espacial Ecuatoriano, MAGAP, 2012. *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, Escala 1: 25 000. Estudiogeopedológico. Metodología*, s.l.: s.n.

Infoagro, 2011. *Elementos del suelo esenciales para las plantas*. [En línea] Available at: https://www.infoagro.com/documentos/elementos_del_suelo_esenciales_plantas.asp [Último acceso: 9 Enero 2021].

Lazo, E., 2016. *Aplicación de softwares libres en sistemas de alcantarillado*, s.l.: s.n.

Martinez de la Cerda, J., 2015. *Aspectos del suelo para la producción de hortalizas*. , s.l.: s.n.

Medina Saavedra, Arroyo Figueroa & Peña Caballero, 2018. Cromatografía de Pfaffner en el análisis de suelos de sistemas productivos. *SciELO*, p. 1.

Medina Saavedra, s.f. s.l.:s.n.

Miranda, Salla & Araújo, 2018. Uso de la cromatografía de Pfeiffer como indicador de la calidad del suelo: seguimiento del manejo agroecológico de UR-MECA / UFPB.. *SciELO*, 13(1).

Múniera, 2012. *Manual General. Analisis de suelos y tejido vegetal.* Pereira: s.n.

NATUREDUCA, 2015. *Textura y perfil del suelo*, s.l.: s.n.

Navarro, 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.. En: Madrid: Mundi-prensa, p. 486.

Neteler, M., & Mitasova, H, 2008. *Open source gis: A grass* , s.l.: s.n.

Padilla, W., 2007. *Fertilización de suelos y nutrición vegetal.* Quito: Agrobiolab.

Porta, J., López- Acevedo, M. Y Poch, 2010. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente.*, Madrid: Mundi- Prensa, 3°ed.

Porta, J.; López, M, 2008. *Introducción a la edafología: Uso y Protección del.* Cataluña: Mundi- Prensa.

QGIS, 2017. *Documentación de QGIS 2.14.*, s.l.: s.n.

Restrepo, J. & S. Pinheiro, 2011. *Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo.* Cali: s.n.

SERNANP, 2015. *MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIONAR DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA*, s.l.: s.n.

SSS-USDA, 2010. *Claves para la taxonomía de Suelos.* 11° ed. ed. s.l.:s.n.

Townend, 2001. *Water release characteristic. Chapter3 in soil and environmental analysis*, New York: Marcel Dekker.

Uribe, F., 2012. *Hortalizas.* [En línea] Available at: <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/solidos-al-suelo/manejo-sustentable-para-evitar-la-degradacion-del-suelo/> [Último acceso: 8 Enero 2021].

Villón, J., 2017. *Comportamiento productivo de nueve genotipos de cacao (Theobroma cacao L.) en el quinto año de producción en el Centro de Producción y Prácticas Manglaralto de la UPSE.*, s.l.: s.n.

ANEXOS



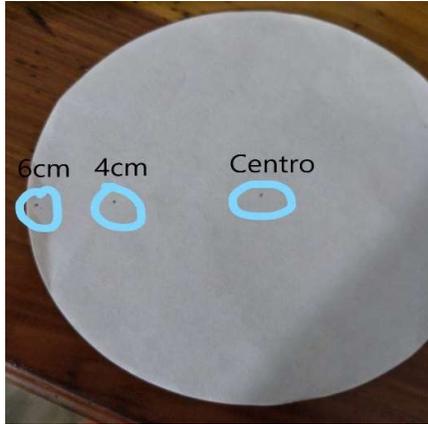
Anexo 1: Pesado del nitrato de plata



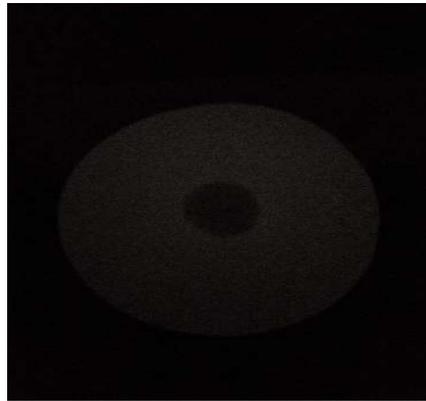
Anexo 2: Nitrato de plata en envase negro.



Anexo 3: Papel filtro Whatman #4



Anexo 4: Colocación de puntos guía en el papel filtro.



Anexo 5: Impregnado de la solución de nitrato de plata en el papel filtro.



Anexo 6: Proceso de revelado del cromatograma.



Anexo 7: Cromatograma después del revelado.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Via Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab_suelos_eels@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23209
Dirección :	VIA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsible Muestreo :	Cliente
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/10/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Ingreso :	12/11/2020
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C: 22.7 %H: 58.0
				Factura No. :	7840
				Fecha Análisis :	24/11/2020
				Fecha Emisión :	25/11/2020
				Fecha Impresión :	30/11/2020
				Cultivo Actual :	Suelo Costa

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
73121	UPSE-010	7.2 PN	7 B	15 M	826 A	4192 A	738 A	6 B	2.4 M	9.2 A	13 B	6.0 B	0.70 M	
73122	UPSE-011	6.0 MeAc	7 B	22 A	755 A	4333 A	1397 A	119 A	2.7 M	9.9 A	15 B	6.0 M	1.20 A	
73123	UPSE-012	6.3 LAc	9 B	56 A	1064 A	4266 A	523 A	26 A	3.0 M	4.9 A	30 M	13.0 M	0.60 M	
73124	UPSE-013	6.1 LAc	7 B	18 M	416 A	4750 A	901 A	39 A	2.4 M	9.4 A	19 B	7.0 M	1.10 A	
73125	UPSE-014	6.1 LAc	13 B	26 A	1258 A	4925 A	475 A	24 A	3.0 M	5.1 A	23 M	8.0 M	1.00 M	
73126	UPSE-015	6.6 PN	9 B	20 M	538 A	4755 A	401 A	13 M	2.8 M	4.7 A	26 M	7.0 M	0.60 M	
73127	UPSE-016	6.1 LAc	7 B	14 M	704 A	4199 A	757 A	15 M	1.9 B	7.6 A	17 B	8.0 M	0.40 B	
73128	UPSE-017	6.7 PN	18 B	75 A	1569 A	5276 A	383 A	21 A	4.2 M	4.2 A	27 M	9.0 M	1.20 A	
73129	UPSE-018	3.6 MAc RC	13 B	113 A	2403 A	5126 A	447 A	17 M	3.3 M	5.2 A	22 M	14.0 M	1.00 M	

Interpretación	pH
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	WAc = Muy Acido N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido LAl = Lij. Alabro
B	B = Bajo MAc = Med. Acido MAl = Med. Alabro
M	M = Medio LAc = Lij. Acido Al = Alcalino
A	A = Alto PL = Piso. Neutro RC = Resqueño Cal

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimétrica	Cloro
K, Ca, Mg	Absorbión	Modificado
Zn, Cu, Pb, Mn	Atómica	pH 6.5
S	Turbidimétrica	Fuente de Ca
B	Colorimétrica	Microbolas
Cl	Volumétrica	Punto Balance
pH	Potenciométrica	Suete Agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Opcionales	
Medio (ug/ml)	
NH ₄ = 20 - 40	Mg (21.5 - 34)
Fe = 20 - 40	
P = 10 - 20	S = 10 - 30
Mn = 5 - 15	
K = 10 - 100	Zn = 2.0 - 7.0
B = 0.5 - 1.0	
Cu = 300 - 1000	Cl = 1.0 - 4.0
	Cl = 17 - 34

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.

Las opciones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.

** Ensayo subcomercial

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

Activar Win
Ve a Configura

Anexo 8: Informe de análisis de suelos



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labsuelos.eeis@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23209	Factura No. :	7840
Dirección :	VÍA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	24/11/2020
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/10/2020	Fecha Emisión :	25/11/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Ingreso :	12/11/2020	Fecha Impresión :	30/11/2020
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C:22.7 %H: 58.0	Cultivo Actual :	Suelo Costa

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural	meq/100ml			mS/cm			(%)			meq/100ml			Ca Mg Ca+Mg					
		Arena	Limo	Arcilla		* A+H	* Al	* Na	C.E.	M.O.	K	* Ca	* Mg	Σ Bases	Mg	K	K						
73121	UPSE - 010	13	32	55	Arcilloso				1.20	B	2.12	A	20.96	A	6.07	A	29.15	3.45	M	2.87	M	12.76	M
73122	UPSE - 011	9	20	71	Arcilloso				1.20	B	1.94	A	21.67	A	11.50	A	35.10	1.88	B	5.94	M	17.13	M
73123	UPSE - 012	57	24	19	Franco-Arenoso				1.50	B	2.73	A	21.33	A	4.30	A	28.36	4.96	M	1.58	B	9.40	B
73124	UPSE - 013	17	22	61	Arcilloso				1.20	B	1.07	A	23.75	A	7.42	A	32.23	3.20	M	6.95	M	29.22	M
73125	UPSE - 014	37	38	25	Franco				2.20	B	3.23	A	24.63	A	3.91	A	31.76	6.30	M	1.21	B	8.85	B
73126	UPSE - 015	63	22	15	Franco-Arenoso				1.50	B	1.38	A	23.78	A	3.30	A	28.45	7.20	M	2.39	B	19.63	M
73127	UPSE - 016	37	38	25	Franco				1.20	B	1.81	A	21.00	A	6.23	A	29.03	3.37	M	3.45	M	15.09	M
73128	UPSE - 017	53	30	17	Franco-Arenoso				3.00	B	4.02	A	26.38	A	3.15	A	33.56	8.37	A	0.78	B	7.34	B
73129	UPSE - 018	31	36	33	Franco-Arcilloso				2.20	B	6.16	A	25.84	A	3.66	A	35.48	6.97	M	0.60	B	4.76	B

Interpretación		
A+H	Al	Na
Al = Adesado	NE = No Salino	
LT = Ligero, Tóxico	LS = Lig. Salino	
T = Tóxico	S = Salino	
	MS = Muy Salino	

Abreviaturas	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
CC	Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Métodos	Extractante
M.O.	Walkley Black	Dicromato de K
CC		Acetato de Amonio
Na		Cloruro de Boro
C.E.	Extracto de agua saturada	Agua

Lig. Yónico meq/100ml		Niveles de Referencia		
Lig. Salino (85ml)	Medio	Medio (meq/100ml)		
A+H 0.81 - 1.8	C.E. 2.0 - 4.3	CaMg 2.0 - 8.9	K 0.2 - 8.4	
Al 0.31 - 1.0	Medio (pH)	MpK 2.5 - 10.0	Ca 4 - 8	
Na 0.5 - 1.0	M.O. 3.1 - 5.8	KCa+Mg/K 12.5 - 90.0	Mp 1 - 2	

NE = No entrapado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.
 ** Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Dirma Acosta J.

Activar Wi
 Ve a Configurar

Anexo 9: Informe de análisis de suelos

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			DATOS DE LA MUESTRA					
Nombre	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULAR	Nombre	UPSE	Informe N°	23209 A	Factura N°	7840				
Dirección	VÍA PRINCIPAL	Provincia	SANTA ELENA	Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	03/12/2020				
Ciudad	SANTA ELENA	Cantón	SANTA ELENA	Fecha/ Muestreo	08/10/2020	Fecha/Emisión	04/12/2020				
Teléfono	042780019	Parroquia	SANTA ELENA	Fecha/ Ingreso	12/11/2020	Fecha/Impresión	07/12/2020				
Fax	N/E	Ubicación	N/E	Cond. Ambientales	T°C: 24 %H: 62	Cultivo Actual	SUELO COSTA				

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS														
N°	Identificación del Lote	pH	mS/cm			mg/L			mcq/L				RAS(°)	PSI(°)
			C.E.	Ca	Na	Mg	K	Suma	CO ₃ [*]	CO ₃ H [*]	SO ₄ [*]	Cl [*]		
73121	UPSE - 010	8.0	0.36	26.5	36.5	5.1	9.6	76.7	ND	1.38	0.10	2.00	2	1
73122	UPSE - 011	7.7	2.10	164.5	184.6	44.8	25.5	419.3	ND	1.28	7.00	12.22	3	3
73123	UPSE - 012	8.2	1.40	120.5	81.1	25.9	39.4	266.8	0.12	3.36	2.56	6.58	2	1
73124	UPSE - 013	7.9	0.85	47.1	114.0	9.7	5.5	176.3	ND	1.60	3.77	2.82	4	4
73125	UPSE - 014	8.3	1.04	103.6	76.2	20.0	33.9	233.8	0.32	3.36	4.45	2.82	2	1
73126	UPSE - 015	8.4	0.60	111.0	15.7	18.7	16.1	161.4	0.28	3.68	2.28	1.88	<1	<1
73127	UPSE - 016	8.2	1.90	220.0	79.5	46.6	26.2	372.3	0.32	3.20	8.79	6.58	1	1
73128	UPSE - 017	8.5	1.77	183.3	69.6	40.0	88.1	381.0	0.60	5.92	7.39	3.76	1	1
73129	UPSE - 018	8.4	0.84	77.4	68.4	16.7	33.7	196.2	0.40	3.68	3.06	1.88	2	1

C.E. (mS/cm)	** INTERPRETACIÓN
0 - 2.0	Suelo no salino, efecto de sales despreciables.
2.1 - 4.0	Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sensibles.
4.1 - 8.0	Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.
Más de 8	Suelo muy salino.

Procedimiento de Ensayo en Análisis Químicos de Extractos de Pasta Saturada			
Determinación	Procedimiento de Ensayo	Método de Referencia	Técnica
pH	PEE-LS-01	Método EPA 150.2	Electrométrica
Conductividad Eléctrica	PEE-LS-02	Standard Methods 2510B /EPA	
Sodio	PEE-LS-03	Método EPA 273.1	Absorción Atómica
Potasio	PEE-LS-04	Método EPA 238.1	
Calcio	PEE-LS-05	Método EPA 215.1	
Magnesio	PEE-LS-06	Método EPA 342.1	

C.E. = conductividad eléctrica (mS/cm)
<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) someti-da(s) al ensayo, tal como fueron recibidas en el Laboratorio.
 El laboratorio no realiza la toma de muestra. La información relacionada con la toma de la muestra fue proporcionada por el cliente.
 El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados del presente informe.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitada al SAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitada al SAE.
 (**) Las opiniones, interpretaciones, etc. se encuentran basadas en la Clasificación de la Salinidad de Suelos por U.S. SALINITY lab STAFF.
 (°) Los valores de PSI y RAS es un cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 La inserción de los resultados está a disposición del cliente cuando así lo requiera.


 Dr. Carlos Acosta Jaramillo
 Responsable Técnico Laboratorio

Anexo 10: Reporte de análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23208
Dirección :	VÍA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/10/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Ingreso :	12/11/2020
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C: 22.7 M:H: 58.0
				Factura No. :	7840
				Fecha Análisis :	24/11/2020
				Fecha Emisión :	25/11/2020
				Fecha Impresión :	30/11/2020
				Cultivo Actual :	Suelo Costa

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml												
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	*Fe	*Mn	*B	* Cl	
73112	UPSE - 001	4.7 MAc RC	7 B	10 B	1233 A	4551 A	416 A	7 B	2.1 M	4.7 A	11 B	3.0 B	0.80 M		
73113	UPSE - 002	5.4 Ac RC	16 B	18 M	915 A	4222 A	597 A	6 B	2.5 M	7.5 A	16 B	6.0 M	0.80 M		
73114	UPSE - 003	5.2 Ac RC	7 B	17 M	625 A	4447 A	892 A	25 A	2.8 M	13.2 A	17 B	5.0 B	0.70 M		
73115	UPSE - 004	5.3 Ac RC	10 B	20 M	692 A	4448 A	758 A	47 A	2.9 M	14.6 A	16 B	10.0 M	0.70 M		
73116	UPSE - 005	5.6 MeAc	7 B	11 M	396 A	4838 A	908 A	21 A	2.9 M	11.5 A	13 B	7.0 M	0.90 M		
73117	UPSE - 006	5.3 Ac RC	9 B	16 M	1141 A	4169 A	565 A	31 A	2.4 M	6.3 A	19 B	6.0 M	0.80 M		
73118	UPSE - 007	5.5 Ac RC	5 B	9 B	1043 A	4200 A	517 A	23 A	1.6 B	4.5 A	13 B	3.0 B	0.60 M		
73119	UPSE - 008	5.6 MeAc	10 B	29 A	1005 A	4186 A	500 A	31 A	3.0 M	6.2 A	24 M	10.0 M	0.70 M		
73120	UPSE - 009	5.1 Ac RC	3 B	12 M	942 A	4630 A	397 A	12 M	1.8 B	4.5 A	11 B	2.0 B	0.80 M		

Interpretación	pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MAc = Muy Acido	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	LAl = Lig. Alcalino
	MAc = Med. Acido	MAl = Med. Alcalino
	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino
	Nl = Proc. Neutro	RC = Resquebra. Cat.

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Cromatografía	Oben
K, Ca, Mg	Absorción	Modificad
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Cromatografía	Murabáscico
Cl	Volumetría	Punto Salado
pH	Potenciometría	Soln. agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Óptimos	
Medio (ug/ml)	
NH ₄ : 20 - 40	Mg: 121.8 - 243
P: 10 - 20	S: 10 - 20
K: 75 - 190	Zn: 2.0 - 7.0
Ca: 800 - 1000	Cu: 1.0 - 4.0

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE

Los óptimos, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE

** Ensayo subcontratado

Se garantiza la confiabilidad de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio.

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

Activar V
Ve a Config

Anexo 11: Informe de análisis de suelo.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7099 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labsuelos.eols@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23208	Factura No. :	7840
Dirección :	VIA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	24/11/2020
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	09/10/2020	Fecha Emisión :	25/11/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Ingreso :	12/11/2020	Fecha Impresión :	30/11/2020
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C:22.7 %H: 58.0	Cultivo Actual :	Suelo Costa

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural	meq/100ml			mS/cm	C.E.	%	meq/100ml			Ca Mg Ca+Mg											
		Arena	Limo	Arcilla		* Al+H	* Al	* Na				* M.O.	K	* Ca	* Mg	Σ Bases	Mg	K	K							
73112	UPSE - 001	25	52	23	Franco-Limoso							1.20	B	3.16	A	22.76	A	3.42	A	29.34	6.65	M	1.08	B	8.28	B
73113	UPSE - 002	13	48	39	Franco-Arcillo-Limoso							2.70	B	2.35	A	21.11	A	4.91	A	26.37	4.30	M	2.09	B	11.09	B
73114	UPSE - 003	11	22	67	Arcilloso							1.20	B	1.60	A	22.24	A	7.34	A	31.18	3.03	M	4.58	M	18.48	M
73115	UPSE - 004	9	28	63	Arcilloso							1.60	B	1.77	A	22.24	A	6.24	A	30.25	3.56	M	3.52	M	16.05	M
73116	UPSE - 005	15	34	51	Arcilloso							1.20	B	1.02	A	24.19	A	7.47	A	32.68	3.24	M	7.36	M	31.18	M
73117	UPSE - 006	19	48	33	Franco-Arcillo-Limoso							1.50	B	2.93	A	20.85	A	4.65	A	28.42	4.48	M	1.59	B	8.71	B
73118	UPSE - 007	37	44	19	Franco							0.90	B	2.67	A	21.00	A	4.26	A	27.93	4.94	M	1.59	B	9.44	B
73119	UPSE - 008	37	38	25	Franco							1.60	B	2.58	A	20.93	A	4.12	A	27.62	5.09	M	1.60	B	9.71	B
73120	UPSE - 009	51	26	23	Franco-Arcillo-Arenoso							0.40	B	2.42	A	23.15	A	3.27	A	28.83	7.08	M	1.35	B	10.94	B

Interpretación	
AH/AI/Na	C.E.
AJ = Advierto	NI = No Salino
LT = Ligero Toxico	LS = Lig. Salino
T = Toxico	S = Salino
	MS = Muy Salino

Abreviatura
C.E. Conductividad Eléctrica
M.O. Materia Orgánica
CE: Capacidad de Intercambio Catiónico

Denominación	Reactivos	Equipos
EU	Vitría Lúca	Dispositivo de R.
OC		Acidímetro-Autom.
Na		Espectrómetro de Base
CE	Estándar de perme saturado	Agua

Lig. Yéneo meq/100ml		Lig. Base (µm)		Unidad de Referencia	
Al+H	Al	Ca	Mg	Ca	Mg
0.91 - 1.8	0.31 - 1.0	25 - 48	25 - 10.0	Ca/Mg	Ca 4 - 8
		Media (%)			
Na	0.6 - 1.0	M.O.	31 - 5.0	Ca+Mg/K	12.5 - 20.0

Responsable Técnico del Laboratorio

Activar
Ve a Confir

NE = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.
 ** Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Anexo 12: Informe de análisis de suelo.



ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
 "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: lab_suelos.ec@iniap.gob.ec



DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA	Nombre	UPSE	Informe N°	23208 A	Factura N°	7840
Dirección	VIA PRINCIPAL	Provincia	SANTA ELENA	Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	03/12/2020
Ciudad	SANTA ELENA	Cantón	SANTA ELENA	Fecha/ Muestreo	08/10/2020	Fecha/Emisión	04/12/2020
Teléfono	042780019	Parroquia	SANTA ELENA	Fecha/ Ingreso	12/11/2020	Fecha/Impresión	07/12/2020
Fax	N/E	Ubicación	N/E	Cond. Ambientales	T°C: 24 %H: 62	Cultivo Actual	SUELO COSTA

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

N° Laboratorio	Identificación del Lote	pH	mS/cm		mg/L					mcq/L				RAS(*)	PSI(*)
			C.E.	Ca	Na	Mg	K	Suma	CO ₃ ⁺	CO ₃ H ⁺	SO ₄ ⁺	Cl ⁺			
73112	UPSE - 001	8.2	0.55	37.9	62.5	6.0	24.6	131.0	0.10	3.20	1.40	0.94	2	2	
73113	UPSE - 002	8.1	0.48	28.5	59.9	9.7	12.8	110.9	ND	2.88	0.35	1.88	2	2	
73114	UPSE - 003	7.8	0.57	42.9	48.5	9.7	10.7	111.8	ND	1.12	1.31	2.82	2	1	
73115	UPSE - 004	7.6	0.87	96.0	60.6	156.0	11.7	324.3	ND	1.38	15.32	3.76	1	<1	
73116	UPSE - 005	7.7	0.53	47.8	44.7	10.3	6.6	109.3	ND	1.76	1.62	1.88	2	1	
73117	UPSE - 006	7.9	0.78	71.5	58.4	13.7	25.1	168.7	ND	1.79	4.18	1.88	2	1	
73118	UPSE - 007	7.9	0.83	72.5	68.6	11.2	21.7	174.0	ND	1.76	3.45	2.82	2	2	
73119	UPSE - 008	7.8	1.85	140.5	141.1	6.5	33.8	321.9	ND	1.44	1.76	11.28	3	3	
73120	UPSE - 009	8.6	0.57	34.3	64.0	7.3	15.7	121.3	ND	2.08	1.49	1.88	3	2	

C.E. (mS/cm)	** INTERPRETACIÓN
0 - 2.0	Suelo no salino, efecto de sales despreciables.
2.1 - 4.0	Suelo ligeramente salino, puede reducir las cosechas de cultivos sensibles.
4.1 - 8.0	Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.
Más de 8	Suelo muy salino

C.E. = conductividad eléctrica (mS/cm)

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo, tal como fueron recibidas en el Laboratorio.

El laboratorio no realiza la toma de muestra. La información relacionada con la toma de la muestra fue proporcionada por el cliente.

El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados del presente informe.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitada al SAE.

Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitada al SAE.

(**) Las opiniones, interpretaciones, etc., se encuentran basadas en la Clasificación de la Salinidad de Suelos por U.S SALINITY lab STAFF.

(*) Los valores de PSI y RAS es un cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.

La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente cuando así lo requiere.

Procedimientos de Ensayos en Análisis Químico de Extracto de Pasta Saturada			
Determinación	Procedimiento de Ensayo	Método de Referencia	Técnica
pH	PEE-LS-01	Método EPA 150.2	Electrométrica
Conductividad Eléctrica	PEE-LS-02	Standard Methods 2510B /EPA	
Sodio	PEE-LS-03	Método EPA 273.1	
Potasio	PEE-LS-04	Método EPA 258.1	Absorción Atómica
Calcio	PEE-LS-05	Método EPA 215.1	
Magnesio	PEE-LS-06	Método EPA 242.1	

Ing. Pedro Aguero Jaramilla
 Responsable Técnico Laboratorio

Anexo 13: Análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23210
Dirección :	VÍA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/10/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Emisión :	25/11/2020
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Fecha Ingreso :	12/11/2020
				Condiciones Ambientales :	T°C: 22.7 %H: 58.0
					Cultivo Actual : Suelo Costa

Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	*Fe	*Mn	*B	* Cl
73130	UPSE - 019	5.9 MeAc	12 B	39 A	1751 A	4488 A	755 A	21 A	2.2 M	6.6 A	22 M	19.0 A	0.80 M	
73131	UPSE - 020	6.4 LAc	8 B	38 A	1056 A	5204 A	855 A	15 M	2.4 M	10.1 A	20 B	16.0 A	0.80 M	
73132	UPSE - 021	6.2 LAc	17 B	50 A	1651 A	4790 A	962 A	20 M	4.2 M	8.1 A	19 B	21.0 A	1.30 A	
73133	UPSE - 022	5.5 Ac RC	16 B	54 A	1488 A	5348 A	494 A	20 M	2.9 M	4.3 A	25 M	12.0 M	1.30 A	
73134	UPSE - 023	6.0 MeAc	16 B	37 A	1709 A	4704 A	722 A	16 M	2.9 M	9.0 A	27 M	16.0 A	0.90 M	
73135	UPSE - 024	6.3 LAc	16 B	26 A	967 A	4963 A	762 A	26 A	2.6 M	3.9 M	21 M	21.0 A	0.80 M	
73136	UPSE - 025	5.7 MeAc	16 B	19 M	968 A	4684 A	798 A	18 M	3.4 M	7.8 A	18 B	18.0 A	0.60 M	
73137	UPSE - 026	6.0 MeAc	12 B	11 M	555 A	3649 A	955 A	32 A	2.1 M	2.8 M	40 M	21.0 A	0.61 M	
73138	UPSE - 027	5.9 MeAc	20 B	18 M	776 A	4573 A	865 A	24 A	3.0 M	4.0 M	+ 27 M	25.0 A	0.70 M	

Interpretación	pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MeAc = Muy Acido	B = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	LAl = Lig. Alcalino
	B = Bajo	MeAc = Med. Acido
	M = Medio	LAc = Lig. Acido
	A = Alto	PH = Punt. Neutro
		RC = Requiere Cal

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimetría	Clas.
K, Ca, Mg	Aloración	Modificadi
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 6.5
B	Turbidimetría	Fenato de Cu
	Colorimetría	Mercurio
Cl	Volumetría	Punto Saturado
pH	Potenciometría	Suelo agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Optimos	
Medio (ug/ml)	
NH ₄ + 20 - 40	Fe 20 - 40
P 10 - 20	Mn 5 - 15
K 70 - 150	B 0.5 - 1.0
Ca 800 - 1000	Cu 1.0 - 4.0
	Cl 17 - 34

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE

Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE

** Ensayo subcontratado

Se prohíbe la reproducción parcial, el se ve a copiar que sea en su totalidad

Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Dima Acosta J.

Activar Windc
 Ve a Configuración



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab.suelos.eels@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA	Nombre :	UPSE	Informe No. :	23210	Factura No. :	7840
Dirección :	VIA PRINCIPAL SANTA ELENA	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	24/11/2020
Ciudad :	LA LIBERTAD	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/10/2020	Fecha Emisión :	25/11/2020
Teléfono :	042780019	Parroquia :	SANTA ELENA	Fecha Ingreso :	12/11/2020	Fecha Impresión :	30/11/2020
Fax :	NIE	Ubicación :	NE	Condiciones Ambientales :	T°C:22.7 %H: 58.0	Cultivo Actual :	Suelo Costa

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural	meq/100ml			mScm	C.E.	meq/100ml				Σ Bases	Ca	Mg	Ca+Mg							
		Arena	Limo	Arcilla		*Al+H	* Al	* Na			* M.O.	K	* Ca	* Mg					Mg	K	K				
73130	UPSE - 019	25	34	41	Arcilloso						1.90	B	4.49	A	22.44	A	6.21	A	33.14	3.61	M	1.38	B	6.38	B
73131	UPSE - 020	19	22	59	Arcilloso						1.30	B	2.71	A	26.02	A	7.04	A	35.76	3.70	M	2.60	M	12.21	B
73132	UPSE - 021	19	28	53	Arcilloso						2.80	B	4.23	A	23.95	A	7.92	A	36.10	3.02	M	1.87	B	7.53	B
73133	UPSE - 022	37	44	19	Franco						2.70	B	3.82	A	26.74	A	4.07	A	34.62	6.58	M	1.07	B	8.07	B
73134	UPSE - 023	29	36	35	Franco-Arcilloso						2.70	B	4.38	A	23.52	A	5.94	A	33.84	3.96	M	1.36	B	6.72	B
73135	UPSE - 024	33	34	33	Franco-Arcilloso						2.70	B	2.48	A	24.82	A	6.27	A	33.57	3.96	M	2.53	M	12.54	M
73136	UPSE - 025	21	28	51	Arcilloso						2.70	B	2.48	A	23.42	A	6.57	A	32.47	3.57	M	2.65	M	12.08	B
73137	UPSE - 026	43	26	31	Franco-Arcilloso						1.90	B	1.42	A	18.25	A	7.86	A	27.53	2.32	M	5.52	M	18.34	M
73138	UPSE - 027	37	34	29	Franco-Arcilloso						3.40	M	1.99	A	22.87	A	5.47	A	30.33	4.18	M	2.75	M	14.24	M

Interpretación	
Al+H, Al, Na	C.E.
Al = Adecuado	NE = No Salino
LT = Ligero, Tolero	LS = Lig. Salino
T = Tóxico	S = Salino
	MS = Muy Salino

Abreviatura	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Metodología	Extracto/Unid.
M.O.	Vanillylica	Cloruro de K
CC		Acetato de Amonio
Na		Cloruro de Sodio
C.E.	Extracto de pasta saturada	Agua

Liq. Líquido meq/100ml.	Nivel de Referencia			
	Liq. Salino (g/l)	Meq/l	Meq (%)	Meq (mg/100ml)
Al+H	0.51 - 1.5	C.E. 20 - 40	CaMg	7.0 - 8.0
Al	0.31 - 1.0		MgK	2.8 - 10.0
Na	0.5 - 1.0	M.O. 31 - 5.0	Ca+Mg+K	12.5 - 50.0

NE = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación

Responsable Técnico del Laboratorio

Activar WinC
 Ve a Configuración

Anexo 15: Informe análisis de suelo.

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA						
Nombre	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA	Nombre	UPSE	Informe N°	23210 A	Factura N°	7840			
Dirección	VIA PRINCIPAL	Provincia	SANTA ELENA	Resp/ Muestreo	Cliente	Fecha/Análisis	03/12/2020			
Ciudad	SANTA ELENA	Cantón	SANTA ELENA	Fecha/ Muestreo	08/10/2020	Fecha/Emisión	04/12/2020			
Teléfono	042780019	Parroquia	SANTA ELENA	Fecha/ Ingreso	12/11/2020	Fecha/Impresión	07/12/2020			
Fax	N/E	Ubicación	N/E	Cond. Ambientales	T°C: 24 %H: 62	Cultivo Actual	SUELO COSTA			

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duram - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: lab_suelos.ecs@iniap.gov.ec													
INIAP		Servicio de Acreditación Ecuatoriano											
Acreditación N° OAE LE C 11-007		LABORATORIO DE ENSAYOS											

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS														
N° Laboratorio	Identificación del Lote	pH	mS/cm		mg/L				meq/L				RAS(°)	PSI(°)
			C.E.	Ca	Na	Mg	K	Suma	CO ₃ *	CO ₃ H*	SO ₄ *	Cl*		
73130	UPSE - 019	8.4	1.18	88.1	113.7	21.5	26.7	249.9	0.20	3.04	2.85	5.64	3	3
73131	UPSE - 020	7.9	0.50	28.3	53.9	7.5	12.5	102.1	ND	1.60	0.22	2.82	2	2
73132	UPSE - 021	8.3	1.04	83.3	111.3	18.1	27.6	240.3	0.20	2.72	3.52	4.70	3	3
73133	UPSE - 022	8.6	0.99	113.5	96.3	20.3	30.6	260.7	0.64	4.96	4.77	1.88	2	2
73134	UPSE - 023	8.3	0.87	53.8	95.9	16.3	22.8	188.8	0.14	3.20	1.62	3.76	3	3
73135	UPSE - 024	8.2	0.97	79.8	85.7	22.1	24.9	212.5	0.16	2.72	2.53	4.70	2	2
73136	UPSE - 025	7.9	1.23	95.2	123.5	21.2	16.4	256.2	ND	1.76	2.94	7.52	3	3
73137	UPSE - 026	7.8	0.92	37.9	131.5	16.2	8.2	193.6	ND	1.60	3.72	3.76	4	5
73138	UPSE - 027	8.3	0.85	113.2	72.2	21.5	22.0	228.9	0.20	3.04	5.01	2.82	2	1

C.E. (mS/cm)	** INTERPRETACION
0 - 2.0	Suelo no salino, efecto de sales despreciables.
2.1 - 4.0	Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sensibles.
4.1 - 8.0	Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.
Más de 8	Suelo muy salino.

Procedimiento de Ensayos en Análisis Químico de Extracto de Pasta Saturada			
Determinación	Procedimiento de Ensayo	Método de Referencia	Técnica
pH	PEE-LS-01	Método EPA 150.2	Electrométrica
Conductividad Eléctrica	PEE-LS-02	Standard Methods 2510B/EPA	
Sodio	PEE-LS-03	Método EPA 273.1	Absorción Atómica
Potasio	PEE-LS-04	Método EPA 258.1	
Calcio	PEE-LS-05	Método EPA 213.1	
Magnesio	PEE-LS-06	Método EPA 242.1	

C.E. = conductividad eléctrica (mS/cm)
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo, tal como fueron recibidas en el Laboratorio.
 El laboratorio no realiza la toma de muestra. La información relacionada con la toma de la muestra fue proporcionada por el cliente.
 El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados del presente informe.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitada al SAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitada al SAE.
 (**) Las opiniones, interpretaciones, etc., se encuentran basadas en la Clasificación de la Salinidad de Suelos por US SALINITY (soil STAFF)
 (°) Los valores de PSI y RAS es un cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 La incertidumbre de los resultados está a disposición del cliente cuando así lo requiera.


 Ing. César Acosta Jaramilla
 Responsable Técnico Laboratorio

Anexo 16: Reporte de análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos.