



EVALUACIÓN CUALITATIVA DE SUELOS DE LA PARROQUIA COLONCHE MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE PFEIFFER

QUALITATIVE EVALUATION OF SOILS OF THE COLONCHE PARISH THROUGH PFEIFFER CHROMATOGRAPHY

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5979699>

Autores: Carlos Balmaseda-Espinosa¹

Nadia Quevedo-Pinos²

Eiter Cercado-Quiñonez³

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: cbalmaseda@upse.edu.ec

Fecha de recepción: 30 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 15 de diciembre del 2021

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 ocho muestras 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

¹ Ingeniero en Riego y Drenaje, Doctor en Ciencias Agrícolas. Docente Titular de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Email: cbalmaseda@upse.edu.ec

² Ingeniera Agrónoma, Doctora en Ciencias Agrícolas. Docente Titular de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Email: nquevedo@upse.edu.ec

³ Ingeniero Agropecuario. Graduado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Email: eitercercado@gmail.com

signo identificado en los cromatogramas es la débil actividad biológica. Los análisis de laboratorio corroboran la interpretación realizada en los cromatogramas.

PALABRAS CLAVE: calidad de suelos; materia orgánica; aireación.

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 soils quality in the Colonche parish, in Santa Elena, Ecuador. Nine soil samples from 0 to 20 cm were collected 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. Laboratory analyzes corroborate the interpretation made in the chromatograms.

KEYWORDS: soils quality, organic matter, aeration.

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 por el Instituto Espacial Ecuatoriano y el MAGAP (Instituto Ecuatoriano Espacial & Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, 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.

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.

Para que los agricultores ejecuten labores que contribuyan a mejorar la calidad de los suelos es necesario que conozcan sus características. Los análisis de laboratorio contribuyen a ese conocimiento, sin embargo, no es una práctica común en los agricultores santaelenenses que se envíen muestras a los laboratorios, debido a:

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

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

El método de cromatografía de Pfeiffer es una de esas alternativas, es sencillo de aplicar por los productores agrícolas, puede realizarse a muy bajo costo y sus resultados están científicamente comprobados (Aguirre et al., 2019; Burle & Figueiredo, 2019; Domingues et al., 2018; Kokornaczyk et al., 2017; Miranda et al., 2018; Novaes et al., 2018). Este método consiste en impregnar un papel de filtro con una solución de nitrato de plata y en una solución de hidróxido de sodio al 1% que se mezcla con una muestra de suelo. El resultado es un cromatograma que permite apreciar características de los suelos y evaluar de manera cualitativa su calidad (Contarato Pilon et al., 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-Rivera & 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 (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 reporta 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” (Fundación Heifer Ecuador, 2018), este vacío en el conocimiento que contribuye al manejo sostenible de los suelos denota la importancia de esta investigación, cuyo objetivo fue evaluar la calidad de suelos de la parroquia Colónche mediante el método de cromatografía de Pfeiffer.

Es necesario aclarar que en este trabajo se presentan resultados preliminares 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La investigación se realizó en sistemas productivos de la parroquia Colonche, en el cantón Santa Elena, provincia del mismo nombre, cuya ubicación se puede observar en la Figura 1.

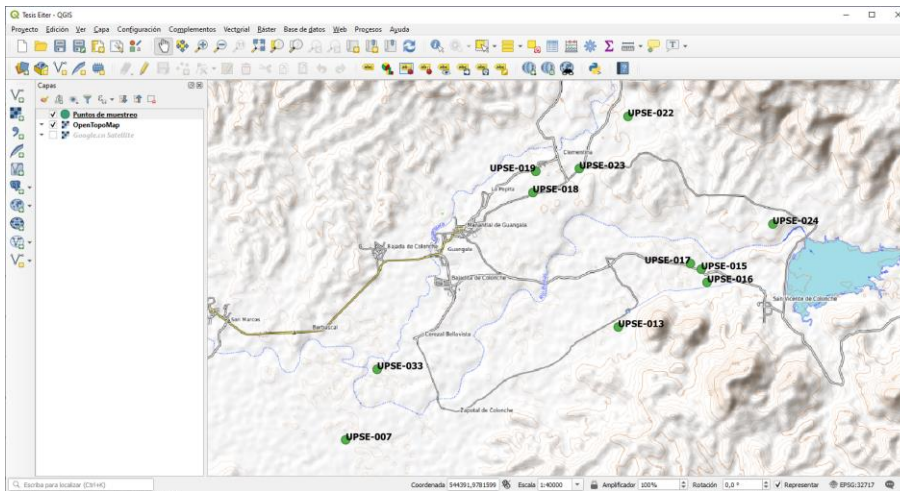


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo (Fuente: Elaborada por los autores).

Se seleccionaron ocho sitios para realizar el muestreo de suelos, considerando el tipo de uso de la tierra, buscando representatividad de las diversas coberturas que existen en la Parroquia, como se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. 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 | 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 | Sandía | Hortícola |

Fuente: Elaborada por Los Autores.

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 metro de diámetro.

Cada muestra compuesta fue dividida en dos partes, una para determinaciones físicas y químicas y otra para la obtención de los cromatogramas.

Preparación de las muestras de suelo para cromatogramas

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

De cada muestra seca se tomaron 100 g que se pasaron a través de un tamiz (32 mesh) logrando la pulverización de las partículas del suelo.

Preparación de reactivos y papel filtro

Se siguió la metodología propuesta por Contarato Pilon et al. (2018) adaptada de Pfeiffe (1984) y (Restrepo-Rivera & Pinheiro, 2011).

Donde se utilizó papel filtro Whatman No. 4 circular de 155 mm diámetro, perforado en el centro y marcados a 4 y 6 cm de este como indicadores de humedecimiento durante el proceso de impregnación del nitrato de plata y del hidróxido de sodio.

Se prepararon capilares con el papel filtro, cuales fueron introducidos en el centro de los círculos y sirvieron de conexión entre el papel filtro y las soluciones empleadas.

Los discos de papel filtro con el capilar fueron colocados sobre placas Pedtri de 5,7 cm de diámetro conteniendo la solución de AgNO_3 (0,5 %) para que se impregne hasta la marca de 4 cm, todo en condiciones de oscuridad para evitar la degradación del AgNO_3 , después de la impregnación se retiran los excesos con toallas de papel y se colocan los discos en un lugar oscuro. Para lograr un secado completo se dejó reposar el papel filtro en la caja de cartón por 4 horas.

Obtención de los cromatogramas

Se colocaron 5 g de la muestra de suelo tamizada en un Erlenmeyer de 125 mL y se le agregaron 50 mL una la solución de hidróxido de sodio al 1%.

La mezcla obtenida en el recipiente de vidrio se agitó, 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 por un tiempo de 2 minutos. Luego se dejó otra vez 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 dejó en reposo la muestra por 6 horas, para que reaccionara el hidróxido de sodio con la muestra de suelo.

Se añadieron 10 cm³ de la mezcla de suelo e hidróxido de sodio en una placa Petri. La solución de suelo se dejó recorrer hasta los 6 cm marcados previamente en el papel filtro.

Una vez seco el cromatograma, se procedió a identificar la muestra a través del espacio del borde del papel filtro sin impregnación. Con la ayuda de un lápiz se escribió la fecha y lugar en el cromatograma. El cromatograma se cubrió con esferma con el propósito de preservar sus características.

Interpretación de los cromatogramas

Para la interpretación de los cromatogramas se siguió el procedimiento propuesto por Contarato Pilon, Henrique Cardoso y Sanches Medeiros (2018), en el cual se consideran tres aspectos:

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 2 se presentan las puntuaciones usadas en el análisis y la descripción visual de las características de los suelos observadas en los cromatogramas.

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

Tabla 2. 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 | 5 |

| | | entrelazan | |
|---|--------|---|--------|
| Trama radial | | Terminación | |
| | Puntos | | 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 cromó | 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: Contrato Pilon, Henrique Cardoso y Sanches Medeiros (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

En la Tabla 3 se pueden observar las características de la muestra identificada como UPSE-007, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 1.

Tabla 3. 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 los Autores.

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.



Imagen 1. Cromatograma de la muestra UPSE-007.

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-Rivera and Pinheiro (2011). Según estos autores la ausencia de tramas radiales es señal del deterioro del suelo producto del manejo inadecuado.

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

En la Tabla 4 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-013, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 2.

Tabla 4. 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 | Pardo amarillento (10 YR 5/6) | 2 | 2.0 | Ausencia de integración | 1 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-----|--|--|
| orgánica | | | | | |
| 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 los Autores.

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 et al., 2018).



Imagen 2. Cromatograma de la muestra UPSE-013.

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

En la Tabla 5 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-016, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 3.

Tabla 5. 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 los Autores.



Imagen 3. 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-Rivera & Pinheiro, 2011). El desarrollo radial en el cromatograma es prácticamente nulo, otro indicador del deterioro de este suelo.

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

En la Tabla 6 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-018, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 4.

Tabla 6. 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 los Autores.

**Imagen 4.** Cromatograma de la muestra UPSE-018.

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.

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

En la Tabla 7 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-019, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 5.

Tabla 7. 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 los Autores.

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.



Imagen 5. Cromatograma de la muestra UPSE-019.

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

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

En la Tabla 8 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-022, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 6.

Tabla 8. 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 los Autores.



Imagen 6. 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.

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

En la Tabla 9 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-023, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 7.

Tabla 9. 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 Los Autores.



Imagen 7. Cromatograma de la muestra UPSE-023.

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-Rivera & Pinheiro, 2011).

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

En la Tabla 10 se pueden observar las características de la muestra identificada con UPSE-024, cuyo cromatograma se presenta en la Imagen 8.

Tabla 10. 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 los Autores.

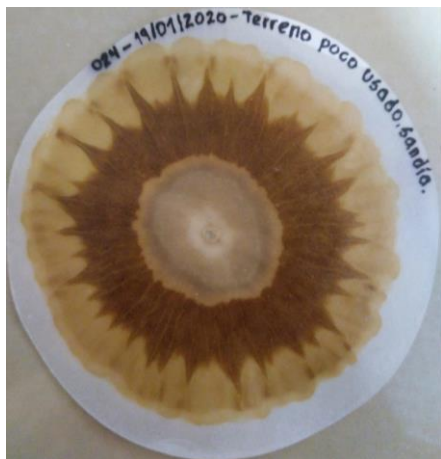


Imagen 8. Cromatograma de la muestra UPSE-024.

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.

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 encontrados 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.

Los resultados de los análisis de laboratorio, especialmente los contenidos de materia orgánica, corroboran las interpretaciones realizadas a los cromatogramas.

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.

Utilizar este método como complemento a los análisis físico - químicos de suelos realizados en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Díaz, C. J. (2019). Valoración del Estado del Suelo en Zona de Bosque Seco Tropical Mediante Técnicas Analíticas y Cromatogramas. *Información tecnológica*, 30(6), 337-350. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000600337>
- Burle, E. C., & Figueiredo, R. T. (2019). Uso da Cromatografia Circular Plana em diferentes concentrações para análise de solo e de compostos orgânicos. *Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT*, 5(2), 19.
- Contarato Pilon, L., Henrique Cardoso, J., & Sanches Medeiros, F. (2018). *Guia prático de cromatografia de Pfeiffer*. Embrapa Documentos 455. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1097113>
- Domingues, S., Contini, R., Maia, M., Farina, É., Gabardo, G., & Ribeiro, A. (2018). CONHECIMENTO AGROECOLÓGICO ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO DA CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER, UMA ANÁLISE QUALITATIVA DOS SOLOS. *Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa - Congrega Urcamp*, 0(0), 932-940.
- Fundación Heifer Ecuador. (2018). *La cromatografía aplicada a la agroecología*. Fundación Heifer Ecuador; cromatografia_con_portadas.pdf.
- Heredia Reyes, C. A. (2012). *Análisis de un sistema de cromatografía de campo para evaluación de calidad de suelos y compost en empresas asociadas a ECOFAS* [Tesis de Grado, Escuela Politécnica del Ejército]. T-ESPE-IASA I-004749.PDF.
- Instituto Ecuatoriano Espacial, & Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca. (2012). *Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25000: Geopedología. Cantón Santa Elena* (p. 282). IEE-MAGAP.
- Kokornaczyk, M. O., Primavera, F., Luneia, R., Baumgartner, S., & Betti, L. (2017). Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(3), 143-157. <https://doi.org/10.1080/01448765.2016.1214889>
- Medina Saavedra, T., Arroyo Figueroa, G., & Peña Caballero, V. (2018). Cromatografía de Pfeiffer en el análisis de suelos de sistemas productivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 665-673. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1223>
- Miranda, A. A. C., Salla, L. M. X., & Araujo, A. E. de. (2018). Uso da Cromatografia de Pfeiffer como indicador de qualidade do solo: Monitoramento do manejo agroecológico da UR-MECA/UFPB. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1), Article 1. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1321>

- Novaes, W. de O. F., Diniz, M. A. N., Santos, D. G. dos, & Meideiros, M. da G. (2018). Estudo da cromatografia de Pfeiffer como alternativa agroecológica para análise de solos. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1), Article 1. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1224>
- Pfeiffer, E. (1984). *Chromatography Applied to Quality Testing*. Bio-dynamic Literature.
- Restrepo-Rivera, J., & Pinheiro, S. (2011). *Cromatografía. Imágenes de la vida y la destrucción del suelo*. Ediciones COAS.