



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE CROMATOGRFÍA EN PAPEL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA DE AGUA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

Autor:
Herrera Toapanta Luis Miguel

Tutor:
Chasi Vizuite Wilman Paolo Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Luis Miguel Herrera Toapanta, con cédula de ciudadanía No. 0504180795, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el Área de Influencia del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi”, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de marzo del 2022

Luis Miguel Herrera Toapanta
Estudiante
CC: 0504180795

Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete
Docente Tutor
CC: 0502409725

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **HERRERA TOAPANTA LUIS MIGUEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0504180795** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el área de influencia del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete

Tema: “Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el área de influencia del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de marzo del 2022.

Luis Miguel Herrera Toapanta
EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA EN PAPEL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA DE AGUA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Herrera Toapanta Luis Miguel, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 14 de marzo del 2022

Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

DOCENTE TUTOR

CC: 0502409725

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Herrera Toapanta Luis Miguel, con el título del Proyecto de Investigación: “CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA EN PAPEL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA DE AGUA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 14 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Alexandra Isabel Tapia Borja
CC: 0502661754

Lector 2

Ing. Mg. Francisco Hernán Chancusig
CC: 0501883920

Lector 3

Ing. Mg. Cristian Santiago Jiménez Jácome
CC: 0501946263

AGRADECIMIENTO

A Dios por proporcionarme la salud para poder culminar mis estudios.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme desarrollar mi carrera profesional, y a todos los docentes quienes fueron actores principales de mi formación académica.

A mi tutor de tesis Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, por su asesoramiento en el desarrollo del Proyecto.

A la Fundación Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas “CESA”, por permitirme llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis de grado.

A mi tutor externo Ing. Ricardo Suárez y a todos/as quienes conforman CESA Área Cotopaxi - Tungurahua por su apoyo incondicional.

A los Sres. Julio Catota, Esteban Aimacaña, Jhon Ayala, Maxime Bourbigot y a la Srta. Chloé Girault por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A la Junta de Riego Canal Central Toacaso por permitirme llevar a cabo la fase de campo de la presente investigación.

Luis Miguel Herrera Toapanta

DEDICATORIA

Con Amor a mis queridos padres la Sra. Rosa Ana Toapanta Cando y el Sr. Miguel Ángel Herrera Chanaluisa, quienes han sabido guiar mi camino y que siempre me han apoyado con esfuerzo y dedicación para culminar mis estudios. A ellos mi eterna gratitud.

A mis queridos hermanos Viviana y Darío, a mis familiares y amigos/as por su apoyo moral y humanitario.

Luismi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA EN PAPEL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA DE AGUA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO, CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

AUTOR: Herrera Toapanta Luis Miguel

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el área de influencia del Sistema de Riego Canal Central Toacaso, tuvo como objetivo caracterizar el suelo mediante la técnica de cromatografía en papel. Para el cumplimiento del objetivo se tomó en cuenta tres de seis ramales, siendo Cuicuno, El Pueblo y La Calera y se utilizó la metodología planteada por Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) para la cual se recolectó diez muestras de suelo por cada ramal y se realizó el análisis cromatográfico. De igual forma se realizó el mismo número de encuestas a los productores, para conocer el manejo técnico y cultural de su producción agrícola. Para determinar el estado nutricional del suelo se recolectó muestras compuestas de cada uno de los ramales mismas que fueron enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su análisis. Con los datos obtenidos de las encuestas, más los cromatogramas analizados podemos decir que en el suelo del Ramal Cuicuno realizan pocas labores de aireación, presenta un buen manejo de la maquinaria agrícola, existe actividad microbiológica y una baja cantidad de materia orgánica, en la zona se cultivan pastos con el uso de agroquímicos como glifosato, nitratos y sulfatos, esto demuestra que existe momificación de la materia orgánica y posibilidad de degradación. En el suelo del Ramal El Pueblo se realizan labores de aireación, se evidencia el uso excesivo de la maquinaria agrícola, afectando la estructura del suelo, un nivel medio de materia orgánica, el uso de productos agrícolas y con inicios de compactación. El suelo del Ramal La Calera muestra, un manejo inadecuado de la maquinaria, realizan labores de aireación, hay presencia de materia orgánica en un nivel medio, utilizan agroquímicos medianamente, y usan enmiendas de suelo en algunos casos. Los tipos de sistemas de producción de los ramales en estudios son considerados temporales y concluimos que el área de influencia del Sistema de Riego Canal Central Toacaso, se maneja temporalmente, con prácticas de agricultura convencional con la aplicación de enmiendas orgánicas en el suelo. La técnica de cromatografía nos permite determinar la salud del suelo, permitiéndonos tomar decisiones para aplicar enmiendas educadas; para evitar la contaminación del suelo, por el uso de productos agrícolas.

Palabras clave: Cromatografía, caracterización, suelo, riego, degradación, enmiendas Toacaso.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “CHARACTERIZATION OF SOILS BY PAPER CHROMATOGRAPHY IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE TOACASO CENTRAL CANAL IRRIGATION WATER SYSTEM, LATACUNGA CANTON, PROVINCE OF COTOPAXI”

AUTHOR: Herrera Toapanta Luis Miguel

ABSTRACT

The current research was made in the influence area from Toacaso Central Canal Irrigation System, it had as aim to characterize the soil, through the paper chromatography technique. For fulfilling the aim, it is taken into account three of six branches, being Cuicuno, El Pueblo and La Calera, and it was used the proposed methodology by Restrepo-Rivera & Pinheiro (2011), which was collected ten soil samples for each branch, and was performed the chromatographic analysis. The same way, it was performed the surveys same number to the producers, for knowing the technical and cultural management their agricultural production. To determine the soil nutritional status was collected composite samples from each the branches, what were sent to the National Institute for Agricultural Research (INIAP) laboratory for analysis. With the surveys got data, plus the analyzed chromatograms, it can say, what in the Ramal Cuicuno soil, it is made few aeration tasks, it presents agricultural machinery good management, there is microbiological activity and a organic matter low amount, in the area. It is grown pastures with the agrochemicals use, such as glyphosate, nitrates and sulfates, this shows, which there is organic matter mummification and the degradation possibility. Within Ramal El Pueblo soil, it was aeration works, it is evident the agricultural machinery excessive use, affecting the soil structure, a organic matter medium level, the agricultural products use and with the compaction beginning. The Ramal La Calera soil shows a machinery inadequate handling, they make aeration tasks, there is organic matter presence at a medium level, they use agrochemicals moderately, and use soil amendments into some cases. The branches production systems types under study are considered temporary and conclude, what the influence area from Toacaso Central Canal Irrigation System is managed temporarily, with conventional agricultural practices with the organic soil amendments application. The chromatography technique allows to determine the soil health, allowing to make decisions for applying educated amendments; to avoid soil contamination, by the agricultural products use.

Keywords: Chromatography, characterization, soil, irrigation, degradation, Toacaso amendments.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | v |
| AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| DEDICATORIA | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | xi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | xv |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| 5. OBJETIVOS: | 5 |
| 5.1. Objetivo General | 5 |
| 5.2. Objetivos Específicos | 5 |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS | 6 |
| 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 8 |
| 7.1. Suelo | 8 |
| 7.2. Fertilidad de suelo | 8 |
| 7.2.1. Textura del suelo | 9 |
| 7.2.2. Materia orgánica | 9 |
| 7.3. Indicadores de la fertilidad de suelo | 10 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7.3.1. | Indicadores físicos | 10 |
| 7.3.2. | Indicadores químicos | 10 |
| 7.3.3. | Indicadores biológicos | 11 |
| 7.4. | Análisis químico de suelos | 11 |
| 7.5. | Cuantificación de los nutrientes | 12 |
| 7.5.1. | Colorimetría | 12 |
| 7.5.2. | Absorción atómica | 13 |
| 7.6. | Resultados de un análisis de suelo | 13 |
| 7.7. | Cromatografía en papel | 13 |
| 7.7.1. | Tarea en campo | 14 |
| 7.7.2. | Tarea de análisis de laboratorio | 15 |
| 7.8. | Interpretación de los cromatogramas | 16 |
| 7.9. | Teoría del color del suelo | 17 |
| 7.9.1. | Sistema Munsell de especificación del color | 17 |
| 7.9.2. | Características ideales | 17 |
| 7.9.3. | Características no ideales | 18 |
| 7.10. | Descomposición de la materia orgánica | 18 |
| 8. | VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS | 19 |
| 9. | METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL | 19 |
| | Metodología de muestreo | 21 |
| | Metodología de cromatografía en papel | 22 |
| | Metodología de microbiota total | 24 |
| | Metodología de interpretación | 27 |
| 10. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 35 |
| | Resultados de los análisis cromatográficos | 35 |
| | Resultados del Diagnóstico a los Productores | 48 |
| | ANÁLISIS | 83 |

| | |
|---|----|
| DISCUSIÓN | 84 |
| Resultados del Análisis Químico | 86 |
| 11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS) | 89 |
| Técnicos | 89 |
| Sociales | 89 |
| Ambientales | 89 |
| Económicos | 89 |
| 12. CONCLUSIONES | 89 |
| 13. RECOMENDACIONES | 90 |
| 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 90 |
| 15. ANEXOS | 94 |
| Anexo No. 1. Modelo de encuesta al productor | 97 |
| Anexo No. 2. Aval del Traductor | 98 |
| Anexo No. 3. Fotografías | 99 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Indicadores cuantitativos y cualitativos de la caracterización del suelo | 25 |
| Tabla 2 Interpretación por color de la Zona Central de un Cromatograma | 30 |
| Tabla 3 Interpretación por color de la Zona Interna | 31 |
| Tabla 4 Interpretación de la Zona Intermedia | 32 |
| Tabla 5 Interpretación de la Zona Externa | 33 |
| Tabla 6 Manejo de suelos con diferentes Sistemas de Producción | 34 |
| Tabla 7 - Tablas de Descripción e Interpretación de Resultados de Cromatogramas del Ramal Cuicuno | 35 |
| Tabla 8 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal Cuicuno | 48 |
| Tabla 9 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal Cuicuno | 49 |
| Tabla 10 - Tablas de Descripción e Interpretación de Resultados de Cromatogramas del Ramal El Pueblo | 52 |
| Tabla 11 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal El Pueblo | 64 |
| Tabla 12 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal El Pueblo | 65 |
| Tabla 13 - Tablas de Descripción e Interpretación de Resultados de Cromatogramas del Ramal La Calera | 67 |
| Tabla 14 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal La Calera | 80 |
| Tabla 15 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal La Calera | 81 |
| Tabla 16 - Tabla de discusión de resultados | 84 |
| Tabla 17 - Tabla de contraste de información de los análisis cuantitativos y cualitativos | 87 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Mapa de Implementación del Sistema de Riego Tecnificado a Nivel Parcelario para el Canal Central Toacaso | 19 |
| Ilustración 2 Mapa del Sistema de Riego Presurizado del Canal Central Toacaso – Distribución Modular | 21 |
| Ilustración 3 Identificación de las Zonas con diámetro ideal de un Cromatograma para su Interpretación | 28 |
| Ilustración 4 Identificación de las Zonas de un Cromatograma para su Interpretación | 29 |
| Ilustración 5 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal Cuicuno | 94 |
| Ilustración 6 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal El Pueblo | 95 |
| Ilustración 7 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal La Calera | 96 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el área de influencia del sistema de agua de riego canal central Toacaso, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Lugar de ejecución.

Sistema de Riego Canal Central – Toacaso – Latacunga – Cotopaxi – Zona 3.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, CAREN, Agronomía

Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas “CESA”

Nombre de equipo de Investigadores

Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete

Ing. Mg. Alexandra Isabel Tapia Borja

Ing. Mg. Francisco Hernán Chancusig

Ing. Mg. Cristian Santiago Jiménez Jácome

Luis Miguel Herrera Toapanta

Área de Conocimiento

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, medicina, y en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos ancestrales de los recursos naturales locales. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

Línea de Investigación

Desarrollo y seguridad alimentaria.

Se entiende por seguridad alimentaria cuando se dispone de la alimentación requerida para mantener una vida saludable. El objetivo de esta línea será la investigación sobre productos, factores y procesos que faciliten el acceso de la comunidad a alimentos nutritivos e inocuos y supongan una mejora de la economía local.

Sublínea de Investigación

Agua y Suelo.

Línea de Vinculación

Gestión de los recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio

Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas - CESA

2. JUSTIFICACIÓN

La zona de Toacaso acaba de ser beneficiada con la tecnificación del riego para favorecer la producción agropecuaria, sin embargo y al mismo tiempo se percibe que los suelos se encuentran con una baja fertilidad, lo cual impulsa a los agricultores a recurrir a las casas comerciales para adquirir agroquímicos pensando en la seguridad de la producción, sin tener en cuenta que el suelo es un cuerpo vivo y que merece un análisis integral para su posterior enmienda.

En este contexto y en la necesidad de contar con análisis de suelo, desde la agroecología sugiere que un análisis cualitativo en base a la cromatografía del suelo es una buena práctica para comprender de manera fácil y ágil como se encuentra la salud del suelo, y en tal sentido proponemos realizar la caracterización de los suelos bajo la influencia del Canal Central Toacaso mediante la técnica de la cromatografía.

La propuesta en concreto es generar una metodología para realizar los cromatogramas, compararlos con los análisis de suelos cuantitativos realizados en laboratorio y que mediante una lectura crítica nos revele las ausencias o excesos de los factores de la fertilidad que oriente las eventuales enmiendas en miras a elevar la eficiencia de los cultivos, la constante comparación entre lo cualitativo y cuantitativo pronto generará una práctica de reconocimiento de la calidad del suelo, solamente con la realización de los cromatogramas.

Con el trabajo de investigación se pretende poner en manos de los campesinos una herramienta para el análisis de suelo accesible y de fácil comprensión, que les permita incorporarse a una cultura de protección, conservación y manejo de los suelos orientados a la producción agropecuaria sostenible.

Este es un trabajo que se debe hacerse de manera interdisciplinaria e inter institucional de los actores involucrados en el uso del suelo para evitar su degradación por las amenazas existentes, tal es el caso de la erosión, compactación, acidificación, contaminación, sellado, salinización, anegamiento, desequilibrio de nutrientes y las pérdidas de carbono orgánico del suelo y de la biodiversidad (FAO, 2015).

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En todo el mundo, el suelo es muy importante en la agricultura, ya que es considerado como el sustrato para que las plantas crezcan y se desarrollen, es por ello que el suelo es de vital importancia para la producción en beneficio del ser humano.

Un suelo tiene la capacidad de aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción agrícola (Bautista et al., 2004), Sin embargo, debido a la sobreexplotación y el uso de productos agroquímicos, el monocultivo, pierde la fertilidad y las características físico - químicas y biológicas que son vitales para, mantener la producción y productividad (Obando, 2021).

La problemática se agrava porque no existe una cultura en los agricultores que favorezca la protección, conservación y manejo del suelo lo que deviene en una degradación sistemática y que en muchos casos como la provincia de Cotopaxi donde se estima que el 43% del suelo cultivable se encuentra erosionado o en proceso de erosión, que impacta en la actividad agrícola y pecuaria.

A lo expuesto se suma que los agricultores escasas veces ejecutan estudios de la calidad del suelo para orientar acciones tendientes a enmiendas con abonaduras idóneas para elevar la fertilidad de los suelos, generándose problemas de contaminación que en no pocos generan residualidad en los productos que terminan afectando la salud humana y ponen en peligro la estabilidad de los ecosistemas (Obando, 2021).

De acuerdo con la Organización Naciones Unidas (ONU), hasta 143 millones de individuos tendrían que salir de sus territorios al bordear los años 2050 para huir de la escasez de agua y

de la pérdida de productividad del suelo, y para el caso de Cotopaxi el sistemático empobrecimiento del sector campesino es lo que se pone de manifiesto.

“En Ecuador el 49,22% de los casos investigados es el Productor Agrícola quien principalmente aplica agroquímicos en sus cultivos, de los cuales solo el 3,91% lo realiza personal capacitado” (INEC, 2016), lo cual también se torna en un real problema en cuanto a la salud de los agricultores.

Esto nos muestra que los agricultores no están debidamente capacitados para gestionar la fertilidad de los suelos, y las instituciones del ramo poco esfuerzo han realizado para mantener la fertilidad y garantizar la sostenibilidad de la producción y productividad de sus cultivos.

Bajo estos criterios en la actualidad existe una tendencia a la utilización de biofertilizantes, en base a los criterios técnicos emanados por la agroecología pero que por su incipiente desarrollo no garantiza la recuperación del suelo en el conjunto del territorio y de ahí los esfuerzos por comprender el funcionamiento de la materia orgánica, microorganismos de montaña y los minerales se vuelve un imperativo y en este contexto el análisis cromatográfico del suelo se torna en una herramienta importante, ya que su lectura justamente nos deja ver cuáles son las deficiencias y proceder a eventuales enmendaduras.

En área de producción agrícola del sistema de Riego Canal Central de la parroquia Toacaso la compactación del suelo por la utilización de maquinaria pesada es una realidad que ocasionan la pérdida de las características físicas, la utilización de agroquímicos recomendados por las casas comerciales ha desencadenado la contaminación y la pérdida de la calidad del suelo, además de resistencia de las plagas a ciertos ingredientes activos, por lo cual la caracterización del área de producción agrícola mediante la cromatografía del suelo aportará con datos cualitativos sobre su estado y va a tener un enorme impacto social y económico debido a que con los datos obtenidos se puede hacer enmiendas idóneas que favorezca la producción.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios directos son los 30 agricultores dueños de los lotes ubicados en los ramales: Cuicuno, El Pueblo y La Calera. Los beneficiarios indirectos son los 332 miembros del Sistema de Agua de Riego “Canal Central” de Toacaso.

5. OBJETIVOS:

5.1. Objetivo General

Caracterizar los suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el área de influencia del sistema de agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar los indicadores de caracterización del suelo.
- Caracterizar el suelo del área regada por el sistema de riego Canal Central Toacaso, usando indicadores cualitativos y cuantitativos.
- Comparar los indicadores cualitativos (cromatografía) con cuantitativos (INIAP) identificados.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

| OBJETIVO | ACTIVIDAD | RESULTADO | MEDIO DE VERIFICACIÓN |
|---|--|--|---|
| Identificar los indicadores de caracterización del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Revisión bibliográfica sobre los indicadores de caracterización del suelo. • Enunciación de indicadores cualitativos y cuantitativos. | <ul style="list-style-type: none"> • Indicadores cualitativos y cuantitativos de la caracterización de suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Tabla de indicadores de caracterización de suelo. |
| Caracterización del suelo del área regada por el sistema de riego Canal Central Toacaso, usando indicadores cualitativos y cuantitativos. | <ul style="list-style-type: none"> • Revisión bibliográfica sobre el muestreo y análisis de suelos. • Revisión bibliográfica sobre cromatografía en papel. • Recolección de muestras para los diferentes análisis. • Análisis cualitativo del suelo. • Análisis cuantitativo del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Información sobre la técnica de cromatografía en papel. • Muestras de suelo para los análisis. • Cromatogramas • Informe del INIAP • Base de datos cualitativos y cuantitativos del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Tablas de interpretación. • Cromatogramas. • Informe del INIAP. |

| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>Comparar los indicadores cualitativos (cromatografía) con cuantitativos (INIAP) identificados.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Comparación de los indicadores cualitativos y cuantitativos. • Elaboración de tablas de interpretación de cromatogramas. • Contraste de información. • Redacción del estado actual del suelo mediante los indicadores y análisis de suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Información sobre los indicadores cualitativos y cuantitativos. • Caracterización de los suelos del área regada. | <ul style="list-style-type: none"> • Tabla de contraste de información. • Resultados sobre el estado actual del suelo. |
|---|---|---|--|

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Suelo

La agricultura está ligada de manera directa con el suelo, ya que es el medio donde las plantas y animales interaccionan, acompañados por los factores climáticos.

El suelo es un ecosistema que sostiene la vida de las plantas, animales y seres humanos. Los suelos son la fuente de innumerables servicios y bienes esenciales que son aprovechados por la humanidad para las satisfacción de sus necesidades (Zabaloy, 2021).

No obstante, todavía no se reconocen todas las funciones que hace, por lo cual el término general de suelo fértil hace referencia más bien a sus características químicas, especialmente a la disponibilidad de los macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) (García et al., 2012), lo cual desde la óptica de la agroecología es cuestionado en tanto se deja por fuera la vida microbiana y la materia orgánica.

El suelo se analiza tanto en superficie como en profundidad y se constituye de algunas capas denominadas horizontes, cada uno con sus propias características, al conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil. El perfil de un suelo se puede mirar en un corte vertical, la opción para mirarlos son los cortes en caminos, excavaciones profundas o la realización de calicatas expofeso para el análisis del perfil de los suelos.

- **Horizonte A:** Capa superior, normalmente de color oscuro que delata alta fertilidad, con presencia de grandes masas de raíces, o también denominada capa arable del suelo.
- **Horizonte B:** Capa con colores más claros, baja en actividad biológica, denota menos presencia de materia orgánica y con menos raíces.
- **Horizonte C:** Capa más profunda que normalmente se adhiere a la roca madre y solo tenemos presencia de raíces profundas normalmente de árboles.

7.2. Fertilidad de suelo

La fertilidad de un suelo depende de varios factores entre ellos tenemos el contenido de materia orgánica, microbiota, minerales, aspectos físicos como la textura, estructura y granulometría, lo cruza el tiempo de uso y el tipo de cultivos (Obando, 2021).

7.2.1. Textura del suelo

El suelo se compone de varios agregados que varían de tamaño. INIA (2015) afirma que las partículas que forman el suelo se agrupan en tres fracciones, que a su vez tienen diferente composición mineral:

Arena: de 2 a 0.05 mm

Limo: de 0.05 a 0.002 mm

Arcilla: menor a 0.002 mm

7.2.2. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo proviene de la descomposición de los organismos vivos que fallecen sobre ella este proceso tiene el nombre de mineralización y el resultado de la misma es la liberación de elementos minerales solubles o gaseosos, como por ejemplo el amoníaco, ácido nítrico y dióxido de carbono que mayormente son aprovechables para las plantas en diferentes cantidades.

Del mismo modo hay compuestos resistentes a la descomposición que reciben el nombre de humus e influye sobre el comportamiento del suelo como la función de retención de humedad, textura y estructura. Pérez (2014) firma que:

En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc, en constante estado de degradación y síntesis. El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos.

Se estima que a mayor contenido de materia orgánica más fértil es el suelo, ya que como se ha dicho influye de manera directa a la variabilidad de los microorganismos que viven en el suelo, los mismos que liberan nutrientes para las plantas determinando la productividad de un cultivo.

Por su lado cuanto más arcilloso es un suelo mayor fertilidad posee, debido a que tiene más capacidad para retener nutrientes, es decir que la estructura y la textura también son características importantes.

Las propiedades biológicas tienen una estrecha relación con las físicas, como la agregación, y con las químicas, la capacidad de intercambio iónico y la disponibilidad de nutrientes, lo cual

determina que un suelo fértil sea el que conserve las propiedades físicas, químicas y biológicas deseables, mientras suministra adecuadamente el agua y los nutrientes, y provee de sostén mecánico a las plantas (Etchevers, 1999 como se citó en García et al., 2012).

7.3. Indicadores de la fertilidad de suelo

Son las características de un tipo específico de suelo, para funcionar y sostener la productividad de las plantas y de los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire (Obando, 2021).

De manera que García et al., (2012) en su trabajo manifiestan que el término “calidad del suelo” se comenzó a usar al reconocer las funciones de este, las cuales son las siguientes:

1. Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible).
2. Atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos (calidad ambiental).
3. Favorecer la salud de las plantas, los animales y los humanos.

Por lo que Estrada et al., (2017) dan a conocer que los indicadores de la fertilidad de suelo sirven como una herramienta de medición que ofrece información sobre las propiedades, los procesos y las características. “Lo que permite analizar, monitorear y ayudar a identificar los problemas que puede tener el suelo” (Obando, 2021).

7.3.1. Indicadores físicos

Relacionada directamente con las propiedades físicas de este ya que, una vez degradado no se puede recuperar fácilmente, se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas.

Bautista et al., (2004) en su trabajo afirman que la estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

7.3.2. Indicadores químicos

García et al., (2012) señalan que los indicadores químicos son aquellos que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad y disponibilidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, los nutrientes y los microorganismos. Además, indica algunos ejemplos como: la

disponibilidad de nutrimentos, el carbono orgánico total, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, los cambios en la materia orgánica, el nitrógeno total y el nitrógeno mineralizable.

7.3.3. Indicadores biológicos

Bautista et al., (2004) mencionan que los indicadores biológicos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Estos rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación y compartimientos.

7.4. Análisis químico de suelos

Un análisis de suelo va a facilitar información del medio sobre el cual, el cultivo se establece. El primer paso para hacer un análisis de suelo trata sobre la información que se va a necesitar y el laboratorio al cual se va a dar las muestras ya que, el suelo contiene elementos que son importantes en la nutrición de las plantas, entre los cuales tenemos: Carbono, hidrógeno, azufre, nitrógeno, fósforo y oxígeno.

Del mismo modo coexisten catorce micro elementos que, si bien no son necesarios para cada una de las especies, son fundamentales para otras los cuales son: calcio, magnesio, potasio, cloro, sodio, cobalto, hierro, manganeso, vanadio, silicio, molibdeno, cobre, boro y zinc, necesarios para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Un análisis de suelo es una herramienta que permite recopilar información cualitativa y cuantitativa sobre los niveles nutricionales del suelo teniendo presente la autenticidad de los datos conseguidos por medio de la utilización de metodologías definidas para cada fin. Permitiendo de esta forma un correcto manejo de los recursos y manteniendo un equilibrio entre los elementos, evitando una deficiencia o exceso de los mismos.

La información química de los suelos permite conocer el nivel de fertilidad del suelo brindando datos de, si es salino o alcalino. Si tiene alto, medio o bajo contenido de elementos tóxicos y materia orgánica.

Por otro lado, la información cuantitativa permite establecer las cantidades de enmiendas y fertilizantes que se aplicarán al suelo para lograr una mayor productividad con una menor contaminación (Obando, 2021).

Los análisis de suelos ofrecen información fundamental al instante de comenzar con cualquier actividad agrícola, por lo cual se sugiere hacer un análisis por año o al empezar un nuevo cultivo. Además del análisis en laboratorio Schweizer, (2011) recomienda que “debe considerarse junto con la información disponible sobre caracterización del suelo, potencial de productividad, cultivo e historial de manejo, además del factor humano”, por lo que el levantamiento de información sobre el uso del suelo es fundamental.

No obstante, se debe considerar que no existe un análisis que posibilite resolver todos los inconvenientes en el campo, ya que hay diferentes factores que influirán en los resultados como los métodos, épocas en las que se haga el muestreo, instrumentos, reactivos y la interpretación del laboratorio, por lo cual la experiencia de un profesional en el campo constantemente será de ayuda en dichos casos. Cada análisis cuenta con sus ventajas y desventajas por lo cual descubrir un análisis perfecto es imposible.

El análisis químico de los suelos es llevado a cabo por medio de disoluciones extractoras que imitan la función de absorción de la raíz de las plantas. Dependiendo del requerimiento de información por parte del técnico, el procedimiento que incluye fases de secado, molienda, preparación de muestras y entrega de resultados tomará más tiempo. Pérez (2014) afirma que:

En los análisis de suelo rutinarios realizados en el laboratorio, se determinan las cantidades de los elementos presentes en el suelo que, teóricamente, la planta puede utilizar en forma inmediata, por lo que ese valor representa un contenido puntual y estático, que debe ser interpretado adecuadamente.

7.5. Cuantificación de los nutrimentos

La cuantificación de nutrimentos o determinación es una sección del proceso de laboratorio que se realiza por medio de fundamentos químicos de los procesos de determinación usados en los laboratorios de suelos para los diferentes elementos, son primordialmente la colorimetría y la espectrofotometría de absorción atómica.

7.5.1. Colorimetría

Varios autores mencionan que la colorimetría es una técnica que se basa en la propiedad de ciertas sustancias solubles llamadas reveladores o indicadores (Arias & Montenegro, 1996), que dan una coloración en relación con el pH (López & Fernández, 1988). Esto permite determinar la concentración de un componente de acuerdo la intensidad de color de la solución. Para aplicar esta técnica se debe integrar al equipo necesario una escala de colores

que permita la comparación de estos resultados (Arias & Montenegro, 1996; López & Fernández, 1988).

7.5.2. Absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica actualizada y variable para examinar una vasta gama de muestras ambientales como muestras de agua, suelo, lodos y sedimentos además de un gran número de elementos químicos.

Es una técnica moderna y muy versátil que se puede usar para medir las concentraciones de varios elementos, especialmente metales. Las concentraciones se determinan en solución a través de la absorción de luz y una curva de calibración. Los átomos de un elemento absorben la luz y la longitud de onda que los átomos absorben es muy específica, hasta el punto que cada elemento tiene su propia lámpara (CAFESA, 1995 como se citó Pérez, 2013).

7.6. Resultados de un análisis de suelo

Según (Espinoza et al., 2012) los análisis de suelos convencionales ofrecen información acerca de una cantidad total de los elementos disponibles en el suelo que si bien son grandes cantidades, solo una pequeña parte es aprovechable por las plantas. Además de que cualquier enmienda que se ejecute a partir de los resultados va a ser una solución a largo plazo ya que representan un conjunto de procesos microbiológicos y físicos muy complejos.

“Los análisis de suelos son reportados en unidades de ppm (partes por millón), y brindan información sobre macro y micro elementos como fósforo, potasio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, nitratos, sulfatos además de datos importantes como pH, CIC, C.E indispensables para el desarrollo y crecimiento de las plantas” (Obando, 2021).

7.7. Cromatografía en papel

La técnica de Cromatografía en papel fue desarrollada por Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961), con la finalidad de caracterizar el suelo, dentro de la agricultura biodinámica (Obando, 2021).

Medina et al., (2018) afirman que la cromatografía de Pfeiffer es una técnica de análisis cualitativo que se puede usar en suelos, compostas y biofertilizantes, pudiendo observar rápidamente la relación que guardan los microorganismos, la materia orgánica y los minerales, como elementos que los componen. Además, esta técnica permite hacer un análisis cualitativo de suelos, frutas, compost etc. con un bajo costo y una gran sencillez. Por el contrario, la información que ofrece es muy valiosa. También, afirma que por su sencillez

hace que cualquier persona sea capaz de poder hacer sus propias cromatografías y conocer la calidad de su suelo, de los alimentos producidos, etc. De manera sencilla, la cromatografía nos permite ver en un soporte de papel, como es la interacción entre minerales, materia orgánica y microorganismos.

Para realizar el análisis de suelo con la técnica de cromatografía es necesario seguir un protocolo establecido en dos partes siendo la primera la tarea en campo.

7.7.1. Tarea en campo

Según Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) las actividades que se realizaran en esta fase están aquellas de reconocimiento del lugar, en conjunto con un diagnóstico que permita identificar el terreno, parcela o finca de la cual se va a hacer el análisis. Además de la recopilación información sobre el manejo técnico y la aplicación de las labores culturales, se deberá también obtener documentación fotográfica.

Una vez se ha identificado el lote del cual se extraerá las muestras se procederá a seguir el protocolo de muestreo establecido, el mismo que será diferente en cada caso, puesto que el protocolo varía para cada cultivo y condiciones diferentes. Asegurando que las muestras serán tomadas con los instrumentos necesarios como un palín, pala o barreno; a una profundidad de 30 cm para cuando el terreno está destinado al cultivo de pastos, como es el caso de esta investigación. La cantidad de suelo a extraer dependerá de si se va a realizar más de un análisis de suelo, siendo en la mayoría de los casos 1 kilo de muestra.

Una vez se obtengan las muestras de suelo mencionan que se deberá etiquetar e identificar las mismas, con datos más importantes como: el nombre del dueño del lote, lugar, fecha de muestreo, cultivo establecido, ubicación geográfica, si cuenta con riego o no, la superficie entre otros. Una vez las muestras sean identificadas el siguiente paso es el secado de las mismas, en donde se procederá a limpiar cualquier impureza como piedras, raicillas o cualquier elemento que comprometa el proceso. Se recomienda secar las muestras indirectamente al sol o a media sombra. El secado en horno no es recomendado puesto que representa un riesgo por no tener el control total de la temperatura.

Finalmente, en la tarea de campo manifiestan que una vez secas las muestras se toman sub muestras de 100 a 150 gr y se pasan por un colador para pulverizar con un mortero, hasta obtener un polvo semejante al talco, con la ayuda de una balanza minigramera se pesa 5 gr del suelo. La segunda parte es la tarea de análisis de laboratorio.

7.7.2. Tarea de análisis de laboratorio

El proceso sigue en el laboratorio con la preparación de los reactivos que vamos a utilizar. Se comienza con la preparación del hidróxido de sodio (NaOH) al 1 % en agua destilada. Para lo cual Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) manifiestan que “Para preparar 1 litro de solución, se pesan 10 g de hidróxido de sodio en la forma de perlas o escamas que se disuelven en 1 litro de agua destilada”, por lo que dependiendo de las muestras a analizar se debe preparar la cantidad necesaria realizando una regla de tres.

Posteriormente se procede con la preparación de una solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0.5 %. Utilizando medio gramo de nitrato de plata en 100 ml de agua destilada. No se debe preparar más de esta cantidad puesto que con esta solución es muy sensible a la luz y temperatura además de que se pueden impregnar de 60 a 70 filtros circulares para los análisis cromatográficos.

Luego de haber preparado los reactivos se deberá preparar los filtros circulares de numeración 1, 4 y 41 de 15 cm de diámetro, se procederá a demarcarlo con la ayuda de una regla y un lápiz para determinar hasta qué punto se impregnará el nitrato de plata, posteriormente habrá que perforar el centro del papel con un palillo o clavo, teniendo en cuenta que el agujero deberá ser de 2 mm de diámetro.

También se deberá elaborar pabilos o rollitos del mismo papel filtro con una media de 2 x 2 cm que servirán como un medio de conexión entre el nitrato de plata y el papel filtro.

Para la impregnación del papel filtro con nitrato de plata se usan dos cajas Petri de 5 cm y 10 cm de diámetro colocando las más pequeña dentro de la más grande. Se coloca el nitrato de plata en la caja Petri pequeña para posteriormente ubicar el papel filtro con el pabilo justo en el centro y dejando que el papel se impregne hasta la señal previamente ubicada. Una vez impregnado el papel filtro, se retira el pabilo para ubicar el papel filtro en una caja de cartón con papel secante y papel oficio en ambas caras y dejando secar el papel filtro y evitando que se manchen entre sí. El secado del papel filtro puede durar de 3 a 4 horas.

Seguido de esto en matraces de Erlenmeyer se procederá a disolver los 5 gr de suelo pulverizado en 50 ml de la solución de hidróxido de sodio, para agitarlo de manera circular de izquierda a derecha con series de 7 giros hasta completar 49 giros. Luego de este proceso se deja reposar la muestra por 15 minutos para luego repetir el proceso nuevamente en una hora, finalmente se deja reposar la solución por 6 horas. Transcurrido el tiempo de secado del papel filtro y el reposo de la solución se procede al corrido de las muestras.

Para el corrido final se debe colocar nuevamente las cajas Petri de 5 cm y 10 cm respectivamente, en la caja más pequeña se colocará la solución obtenida en el matraz de Erlenmeyer con la ayuda de una jeringa, para luego ubicar nuevamente el papel filtro impregnado con el nitrato de plata con un nuevo pabito en el centro de la caja Petri, el proceso de impregnación de la muestra variará dependiendo del tipo de suelo y su composición.

Una vez el papel este impregnado con la solución del suelo, nuevamente se procederá a retirar el pabito y usando papel secante y papel oficio en ambas caras, se pondrá el papel filtro en una caja de cartón y se esperará un lapso de 2 a 3 horas para el revelado.

Transcurrido este tiempo se pueden colgar en una ventana y exponerlos de forma indirecta a la luz para que se revele, el proceso de revelado puede ser de dos a tres días dependiendo de la luminosidad que reciban en este tiempo.

Finalmente se procederá a la documentación de los cromatogramas, para lo que se debe considerar que no tienen que estar en exposición prolongada a la luz, ni tampoco en un lugar con humedad, cada cromatograma debe ser archivado por separado debido a que se pueden deteriorar si están amontonados unos sobre otros.

7.8. Interpretación de los cromatogramas

La interpretación de un cromatograma es realizada con base al tamaño, formas y los colores revelados. Para lo cual Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) afirman que, para la interpretación del cromatograma, debemos fijarnos y analizar las zonas de interpretación.

- **Zona central:** Llamada también zona de aireación u oxigenación, aquí reacciona el nitrato de plata con algunos de los elementos presentes en la muestra.
- **Zona interna:** Llamada también zona mineral debido a que, aquí quedan atrapadas las sustancias más pesadas.
- **Zona intermedia:** Llamada también zona proteica, aquí se determina la presencia o ausencia de la materia orgánica.
- **Zona externa:** Aquí se determina la actividad microbiológica y enzimática
- **Zona periférica:** Zona de manipulación e identificación del cromatograma.

7.9. Teoría del color del suelo

El color es una característica que percibimos de los objetos cuando hay luz, lo que ocurre es que el color con el que vemos un determinado objeto corresponde a las longitudes de onda que rebotan en ese objeto. Es decir, es el color que no es capaz de absorber en el caso del suelo sucede lo mismo (Obando, 2021).

Según Domínguez et al., (2012) el color es una de las características morfológicas más importantes del suelo ya que se relaciona directamente con los elementos que lo componen como materia orgánica, textura y composición mineral además de que ayuda a identificar el tipo de suelo. Así mismo existen sistemas empleados para la designación de color siendo el más utilizado y recomendado el Sistema de Notación de Munsell.

7.9.1. Sistema Munsell de especificación del color

Es una forma precisa de mostrar la relación entre los colores, cada color tiene tres cualidades que son: Matiz, Valor y Cromo.

Matiz: Identifica la longitud de onda o la base del color espectral.

Valor: Grado de iluminación del color.

Cromo: Intensidad del color, saturación o fuerza del color.

Las tablas de color Munsell tienen colores en un rango que se pueden identificar fácilmente, Domínguez et al., (2012) mencionan que “la tabla Munsell incluye todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, en suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices”, por lo que permite identificar los diferentes tipos de suelo.

Está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie placas o “chips” diferentemente coloreados y sistemáticamente ordenados en la hoja, que representan la claridad y la pureza.

7.9.2. Características ideales

La coloración de los cromatogramas va a cambiar, de acuerdo con el manejo técnico y cultural del lote por lo cual es fundamental una buena interpretación. Los colores que reflejan un óptimo estado del suelo son: el amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro.

Integración y armonía de las zonas del cromatograma, presentan una buena relación de los minerales, materia orgánica y presencia de actividad microbiológica. Es decir que el cromatograma contiene colores que se integran visualmente y no hay cambios bruscos o repentinos del color en las zonas.

Presencia de dientes de diversos tamaños al final del cromatograma, que indica la diversidad mineral, es decir las partículas que varían de tamaño desde pequeñas piedras hasta partículas de arcilla que no son visibles al ojo humano.

Manchas entre los dientes, indican presencia de enzimas que conlleva a una alta actividad biológica, por lo cual se relaciona además con una buena disponibilidad nutricional y presencia de humus.

Radiación, esta característica se refiere a los caminos sinuosos representa una mejora en la calidad estructural, o la forma semejante a las plumas que representa una recuperación e incremento de la actividad microbiológica.

Terminación ideal, se caracteriza por acabar a modo de explosión, con presencia de lunares enzimáticos (Obando, 2021).

7.9.3. Características no ideales

Los colores no deseables en un cromatograma según Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) son el negro, gris, ceniza, pardo oscuro, lilas y tonos en azul. Estos colores indican desde degradación del suelo, mal manejo de fertilizantes hasta el mal estado evolutivo del mismo.

Radiación lineal o inexistente es una señal de un suelo destruido por la maquinaria agrícola y uso indiscriminado de fertilizantes químicos.

Terminación no ideal de los cromatogramas, en forma de granos de maíz, circular plana y sin bordes, en forma de dientes de caballo, agujas irregulares.

7.10. Descomposición de la materia orgánica

La descomposición y aprovechamiento de la materia orgánica esta influenciada por varios factores y la dinámica del suelo y la vegetación. El contenido de materia orgánica de un suelo depende:

- De la cantidad de residuos vegetales.
- De la velocidad con que se descomponen estos residuos vegetales (Obando, 2021).

Arguello, (1991) indica que: La temperatura y la humedad son los dos factores más importantes (abióticos) que controlan la tasa de descomposición bajo condiciones naturales. También la aireación y la estructura del suelo, juegan un importante papel indirectamente.

“Las bacterias son importantes, debido a que algunas realizan funciones específicas como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos” (Julca et al., 2006).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Mediante la cromatografía en papel, se puede caracterizar al suelo del Área de Influencia de Riego Canal Central Toacaso?

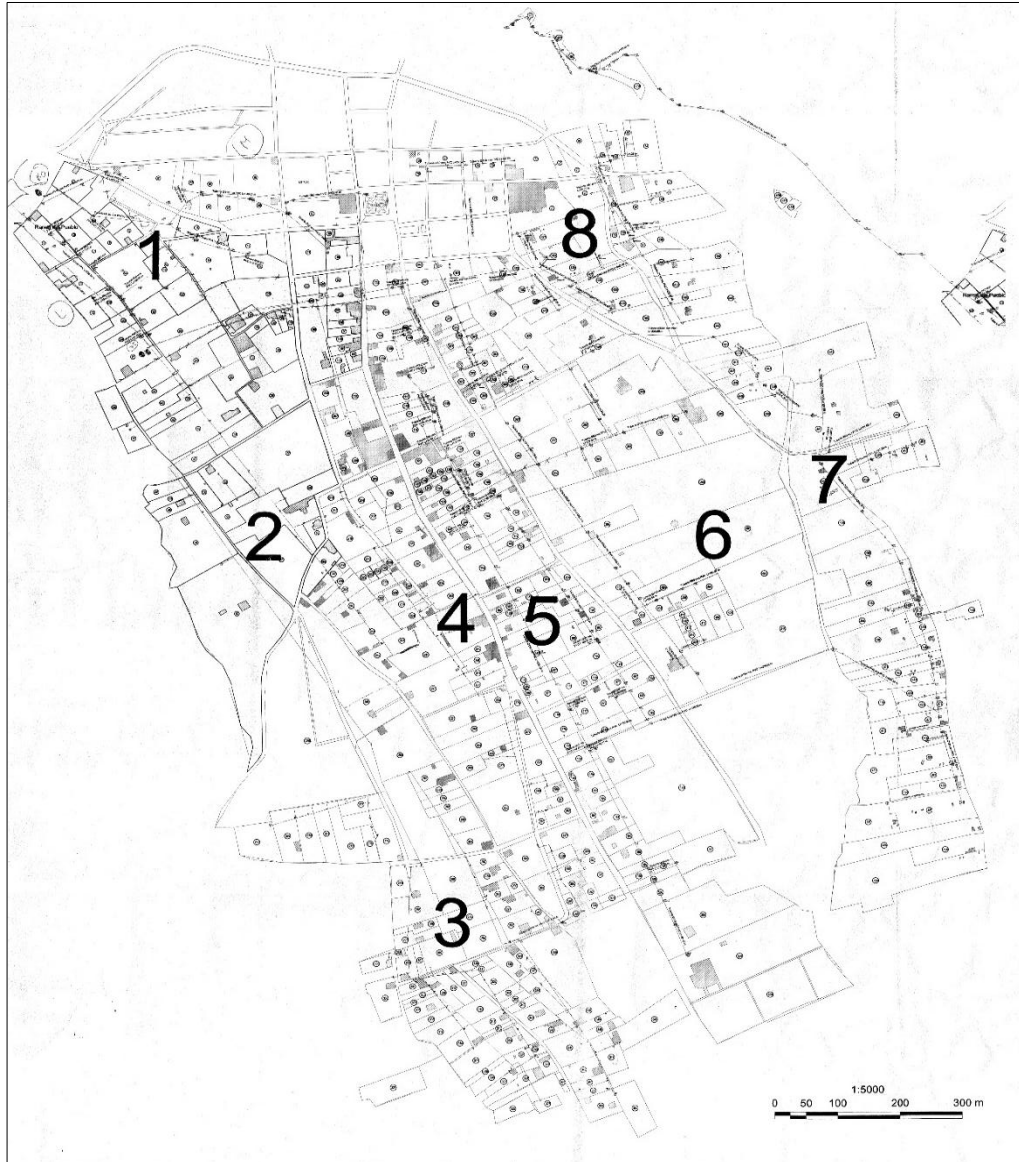
9. METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente estudio se realizó en la Parroquia rural Toacaso se encuentra ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, sus límites son al Norte: parroquia Pastocalle y Chaupi. Al Sur: Saquisilí, Tanicuchi y Guaytacama, Este: limitado por Tanicuchi, Oeste: limitado por el Cantón Sigchos. En lo referente a la altitud, el territorio de la parroquia Toacaso, se encuentra sobre los 2.680 msnm y supera los 4.000 msnm, en la cordillera, y la cota máxima del nevado los Ilinizas es de 5.248 msnm.

- Latitud: 0° 45' 14" Sur
- Longitud: 78° 41' 6" Oeste

Cuenta con 38 comunidades compuesta por el 70% de la población indígena y el 30% de población mestiza (Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial Rural De Toacaso, 2020)

Ilustración 1 Mapa de Implementación del Sistema de Riego Tecnificado a Nivel Parcelario para el Canal Central Toacaso



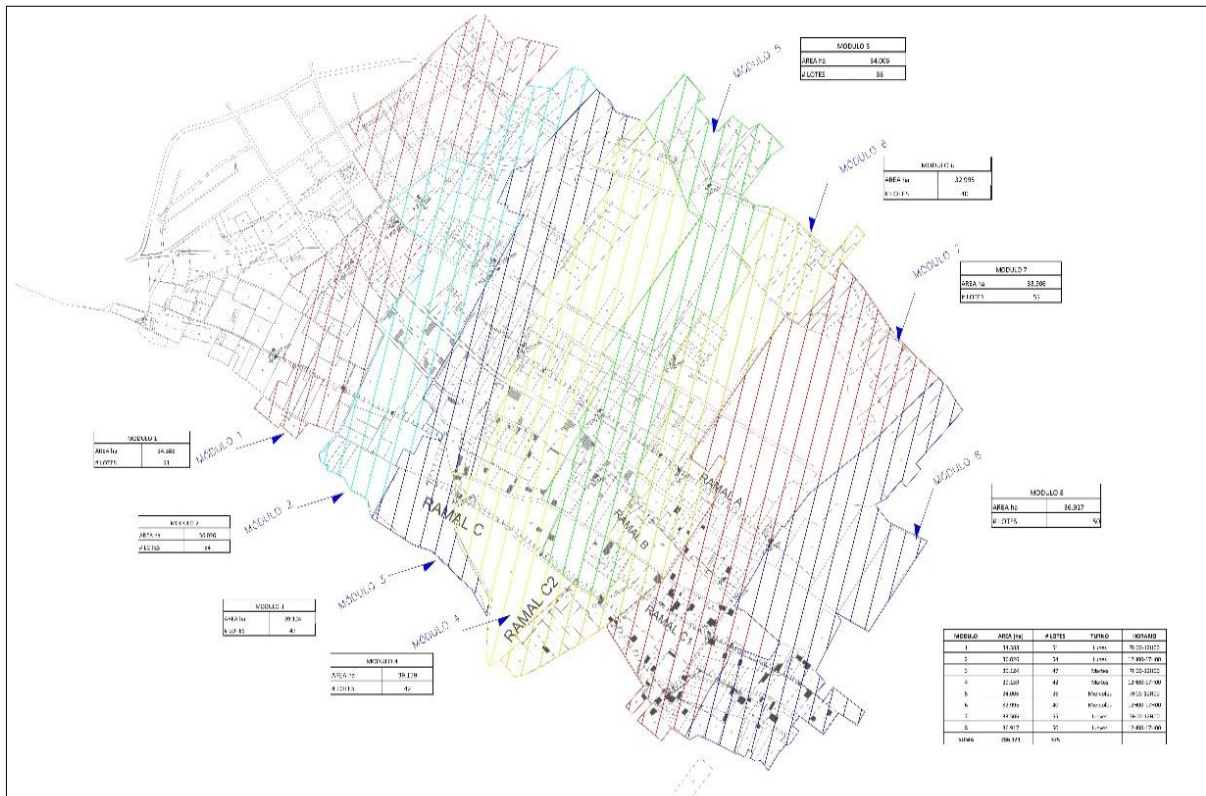
Fuente: (Ministerio de Agricultura - Ganadería - Acuacultura y Pesca, 2017)

La investigación fue descriptiva y experimental, para la identificación de los indicadores para la caracterización del suelo se realizó una revisión bibliográfica y se determinaron dos tipos indicadores

- Cualitativos (Cromatografía y encuesta)
- Cuantitativos (INIAP)

El muestreo se realizó en tres ramales del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso:

- CUICUNO 3155 msnm (Pastos)
- EL PUEBLO 3206 msnm (Pastos)
- LA CALERA 3188 msnm (Pastos)

Ilustración 2 Mapa del Sistema de Riego Presurizado del Canal Central Toacaso – Distribución Modular

Fuente: (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, 2021)

Metodología de muestreo

Para realizar el muestreo de suelo se revisó el protocolo de muestreo de suelo planteado por (Schweizer, 2011). En donde:

1. Se identificó el área a muestrear, considerando áreas homogéneas que tengan características físicas, topográficas y con un manejo cultural semejantes entre ellos.
2. Se elaboró una lista de los productores y los lotes a muestrear en donde se incluyeron las coordenadas.
3. Se levanto la encuesta dirigida al productor Anexo No. 1, para obtener información sobre el manejo cultural de cada ramal.
4. El lugar elegido se limpió de restos vegetales, sin eliminar suelo.
5. Se usó un barreno para perforar el suelo a la profundidad deseada y una espátula para obtener la muestra.
6. El muestreo fue en zigzag, con una profundidad de 30 cm, se obtuvo de 15 a 20 sub-muestras en todo el campo eliminando áreas atípicas.

7. Posteriormente se mezcló las sub - muestras en una funda plástica grande para obtener una mezcla compuesta.
8. Para el etiquetado de muestras se usó los códigos de los productores en cada ramal: Cuicuno (D) y el número de la lista del propietario, El Pueblo (E), La Calera (F).
9. Las muestras que se enviaron al INIAP fueron previamente pesadas y etiquetadas. El análisis químico elaborado por esta institución proporcionará la siguiente información.
 - Porcentaje de nutrimentos %
 - Nitrógeno (**N**) ppm (partes por millón)
 - Fósforo (**P**) ppm (partes por millón)
 - Potasio (**K**) meq/100g Miliequivalente
 - Calcio (**Ca**) meq/100g Miliequivalente
 - Magnesio (**Mg**) meq/100g Miliequivalente
 - Zinc (**Zn**) ppm (partes por millón)
 - Cobre (**Cu**) ppm (partes por millón)
 - Hierro (**Fe**) ppm (partes por millón)
 - Manganeso (**Mn**) ppm (partes por millón)
 - Porcentaje de materia orgánica, caracterizado por su contenido como: nivel alto, medio y bajo.

Metodología de cromatografía en papel

Para realizar las cromatografías de suelo se revisó el protocolo de Restrepo-Rivera & Pinheiro (2011) donde se menciona que para el análisis cromatográfico existen diferentes actividades:

1. Una vez obtenidas las muestras para realizar la cromatografía se clasificaron asignando códigos del productor y Ramal al que pertenece.
2. Las muestras se secaron por 3 días sobre hojas de papel boom.
3. Las muestras secas se realizan submuestras de 100 a 150 gr, que se tamizaron sobre papel boom.

4. Las submuestras, se procede a moler en un mortero de porcelana hasta obtener un polvo fino semejante al talco.
5. Se pesan 5 g de la muestra pulverizada y se identifica, con el código respectivo, el suelo restante que se almacena como contramuestra de seguridad.
6. Se preparó una solución de hidróxido de sodio (NaOH), al 1% en agua destilada para disolver el suelo. En donde por cada muestra de 5g se usó 50 ml de la solución.
7. Se preparó una solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0.5%. y se procedió a disolver medio gramo de nitrato de plata en 100 ml de agua destilada.
8. Se preparó el papel filtro de forma circular y con diámetro de 15 cm y perfora en el centro con un palillo de dientes en diámetro aproximado de 2mm.
9. Se elabora los pabilos (pequeños trozos de papel filtro enrollado) con papel filtro No. 4, de forma cuadrada con medidas de 2 cm por lado.
10. La impregnación del papel filtro con el Nitrato de plata, se lo hace mediante dos cajas Petri de vidrio, de 5 y 10 cm de diámetro. El pabilo debe estar insertado en el centro del papel filtro, se coloca la caja Petri pequeña dentro de la grande centrada previamente se coloca el nitrato de plata bajo el borde, por efecto osmótico el nitrato de plata se distribuye en forma circular, hasta alcanzar 6.5 cm de diámetro en el papel, momento en el cual se procede a retirar el pabilo y cubrirlo en ambas caras con papel secante para finalmente dejar secar al interior de un cartón que favorece el revelado.
11. Con el uso de vasos Erlenmeyer, se procede a disolver los 5 g de la muestra de suelo preparada en 50 ml de la solución de hidróxido de sodio. Para luego agitar el vaso constantemente con 7 giros de derecha a izquierda y viceversa hasta completar 49 giros, lo cual se repite a los 15 minutos, se vuelve a repetir la operación dentro de una hora y finalmente que se deja reposar por 6 horas para que se genere la reacción bioquímica.
12. Cumplido el tiempo de reposo de la reacción alcalina y el tiempo de secado del papel filtro se procede a poner la caja Petri pequeña en la grande, con la ayuda de una jeringa tomamos 20 cc de la solución y la ubicamos en la caja pequeña. Posteriormente se realiza el “corrido final de la muestra”, la cual recorre alrededor de 7 cm de diámetro.
13. El secado final de la corrida de la muestra se lo realiza, retirando el pabilo con cuidado y cubriéndolo de ambas caras con papel secante. Se coloca la identificación para evitar

confusiones y luego se deposita en una caja de cartón para el secado, luego de lo cual se coloca en una superficie expuesta para que se revele.

14. Secos los cromatogramas se deben identificar en el espacio del final de la muestra con un lápiz 2 HB, usando el código de cada muestra.
15. Los resultados de la cromatografía, se guarda en un folder lejos de la luz y humedad, con separadores para que no se decoloren.

El protocolo de cromatografía proporciona la siguiente información:

1. Descripción de los anillos por color y forma de sus bordes.
2. Interpretación de Presencia de minerales en el anillo de la zona interna por color y bordes.
3. Presencia de Materia Orgánica, en el anillo de la zona intermedia, por color y bordes.

Metodología de microbiota total

Para determinar la presencia de microorganismos en el suelo se realiza la inoculación de la solución de suelo en la caja Petri, en donde:

1. Muestra de suelo de 150 gramos y 300 ml de agua destilada, medidos en una probeta, se coloca en un vaso de precipitación y se mezcla hasta homogenizarla.
2. Para microbiota total se preparó 6 tubos de ensayo por cada muestra compuesta con 9 ml de agua destilada. Para realizar muestras seriadas desde -1 hasta -6 siendo -6 la más pura.
3. Agitar por 5 minutos la mezcla del vaso de precipitado, para luego con una pipeta tomar 1 ml de la muestra, la misma que se coloca en el primer tubo de ensayo (-1), para luego agitarlo y tomar nuevamente 1 ml de la muestra y repetir el proceso hasta llegar al sexto tubo de ensayo es decir la muestra seriada (-6).
4. Para los cultivos en las cajas Petri se prepara 5,75 g de un agar nutritivo (PCA) en 250 ml de agua destilada y se agita durante 1 minuto para que se disuelva por completo, para evitar la contaminación de las cajas Petri hay que desinfectarse las manos con alcohol y la cabina de bioseguridad.
5. El medio de cultivo se esteriliza en autoclave a 121°C y a 15 libras de presión durante 30 minutos.
6. Posteriormente se debe introducir una gradilla para los tubos de ensayo de las muestras seriadas (-6) y con una pipeta tomamos 0.5 ml de la muestra y colocamos en las cajas

Petri. Se realizarán tres repeticiones por cada muestra compuesta., que serán cubiertas con lamina film para evitar su contaminación

- Finalmente se ubican las cajas Petri en la incubadora por 3 días, luego de este tiempo se procederá a contar el número de colonias existentes.

Para el análisis cualitativo de los resultados de las cromatografías, se usa tablas e ilustraciones de interpretación, además se contrastó la información obtenida mediante las encuestas en donde se tomó en cuenta las características obtenidas como resultado del corrido de muestras. En donde se evaluó el diámetro de cada zona, color, bordes, y manejo cultural.

Tabla 1 Indicadores cuantitativos y cualitativos de la caracterización del suelo

| INDICADORES DE LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO | | | |
|--|-----------------------------|--|---------------------------------|
| CUANTITATIVOS | | CUALITATIVOS | |
| ANÁLISIS QUÍMICO | UNIDADES DE MEDICIÓN | CROMATOGRAFÍA | DIAGNOSTICO AL PRODUCTOR |
| PH | Ac/LAc/PN/N/LAI/Al | Estructura | Uso de Maquinaria |
| N | ppm | Textura/Aireación | Uso de Fertilizante químico |
| P | ppm | Residuos químicos (Glifosato/Sulfatos) | Uso de abono orgánico |
| S | ppm | Materia orgánica | Uso de Pesticidas |
| B | ppm | Actividad microbiológica | |
| K | meq/100g | | |
| Ca | meq/100g | | |
| Mg | meq/100g | | |
| Zn | ppm | | |
| Cu | ppm | | |
| Fe | ppm | | |
| Mn | ppm | | |
| MO | Alto/Medio/Bajo | | |
| Textura | % | | |
| DATOS DE ANÁLISIS COMPOSICIONAL DEL SUELO | | CROMATOGRAMAS IN-SITU | ENCUESTAS |

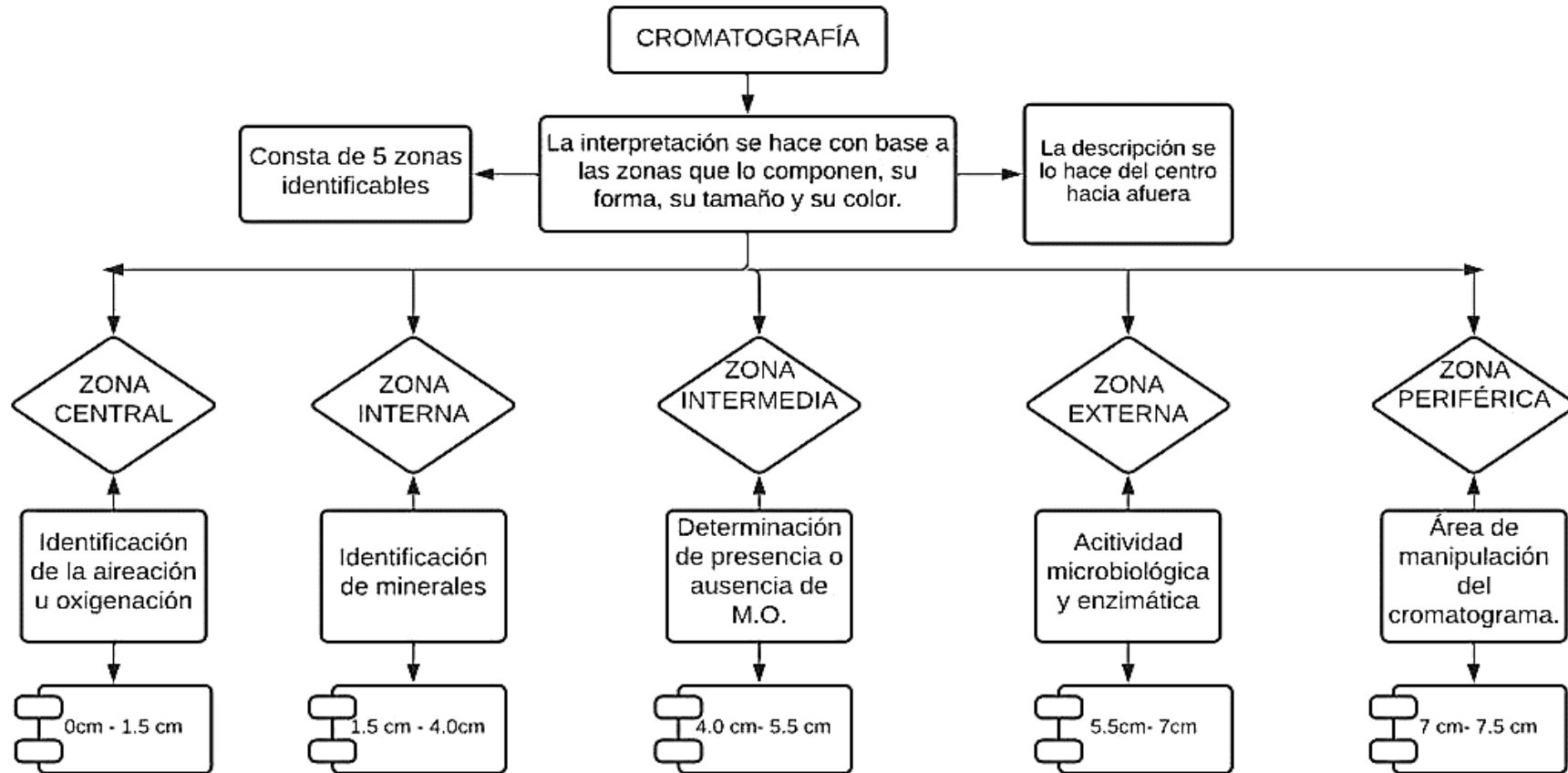
Fuente: (Obando, 2021)

La tabla muestra la identificación de los indicadores cuantitativos proporcionados por el análisis químico realizado al suelo. Los indicadores cualitativos fueron extraídos de los cromatogramas y de la encuesta realizada a cada productor.

Para la caracterización del suelo se elaboró un cuadro en donde se identificó el diámetro ideal de cada zona de los cromatogramas que indican el nivel de aireación, presencia de materia orgánica (M.O.), y actividad microbiológica. Así mismo para la interpretación de las cinco zonas se elaboró tablas para cada zona.

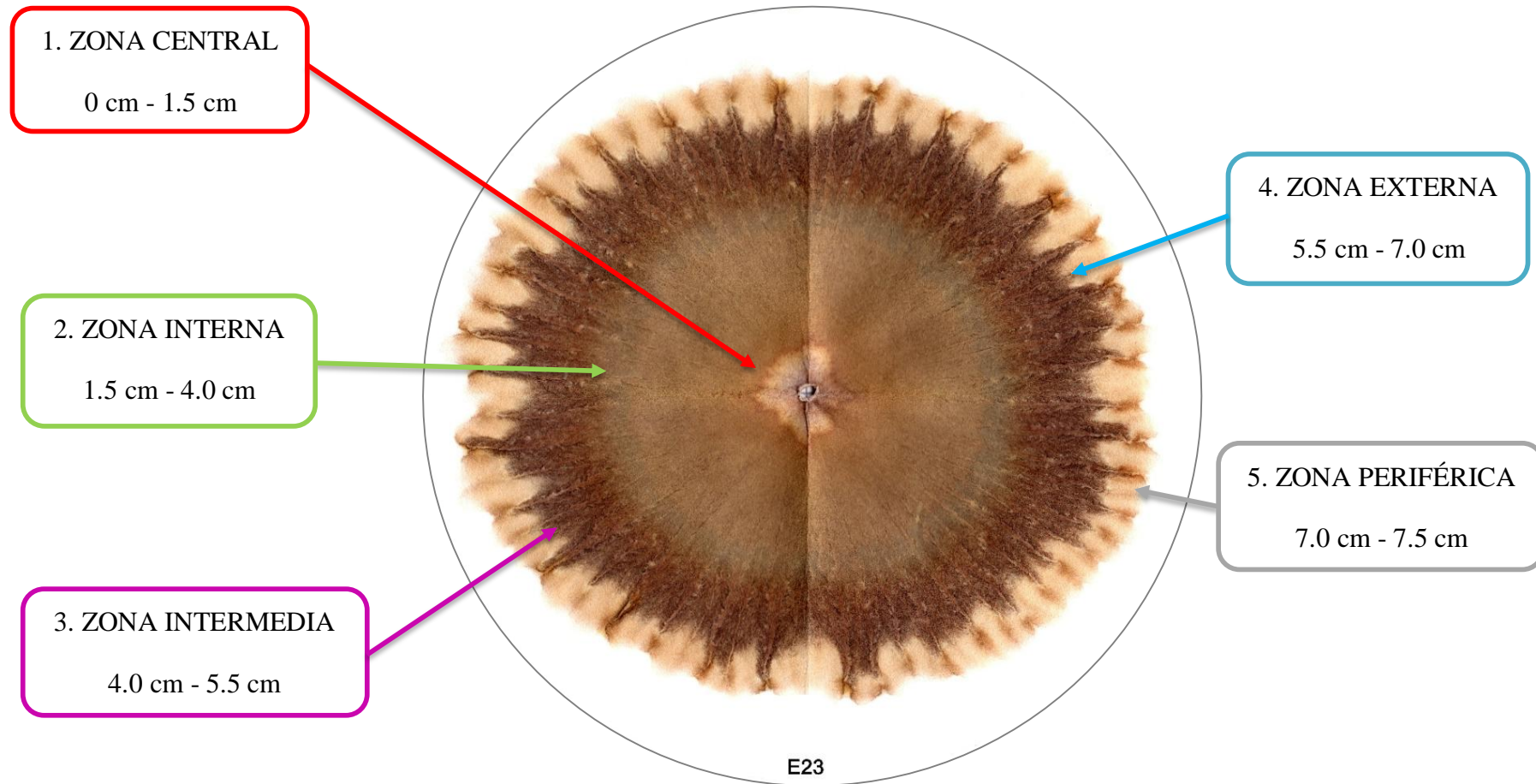
La zona del proyecto está dividida en tres ramales, que son analizados a luz de diferentes criterios que definan los sistemas de producción que se está aplicando.

Metodología de interpretación



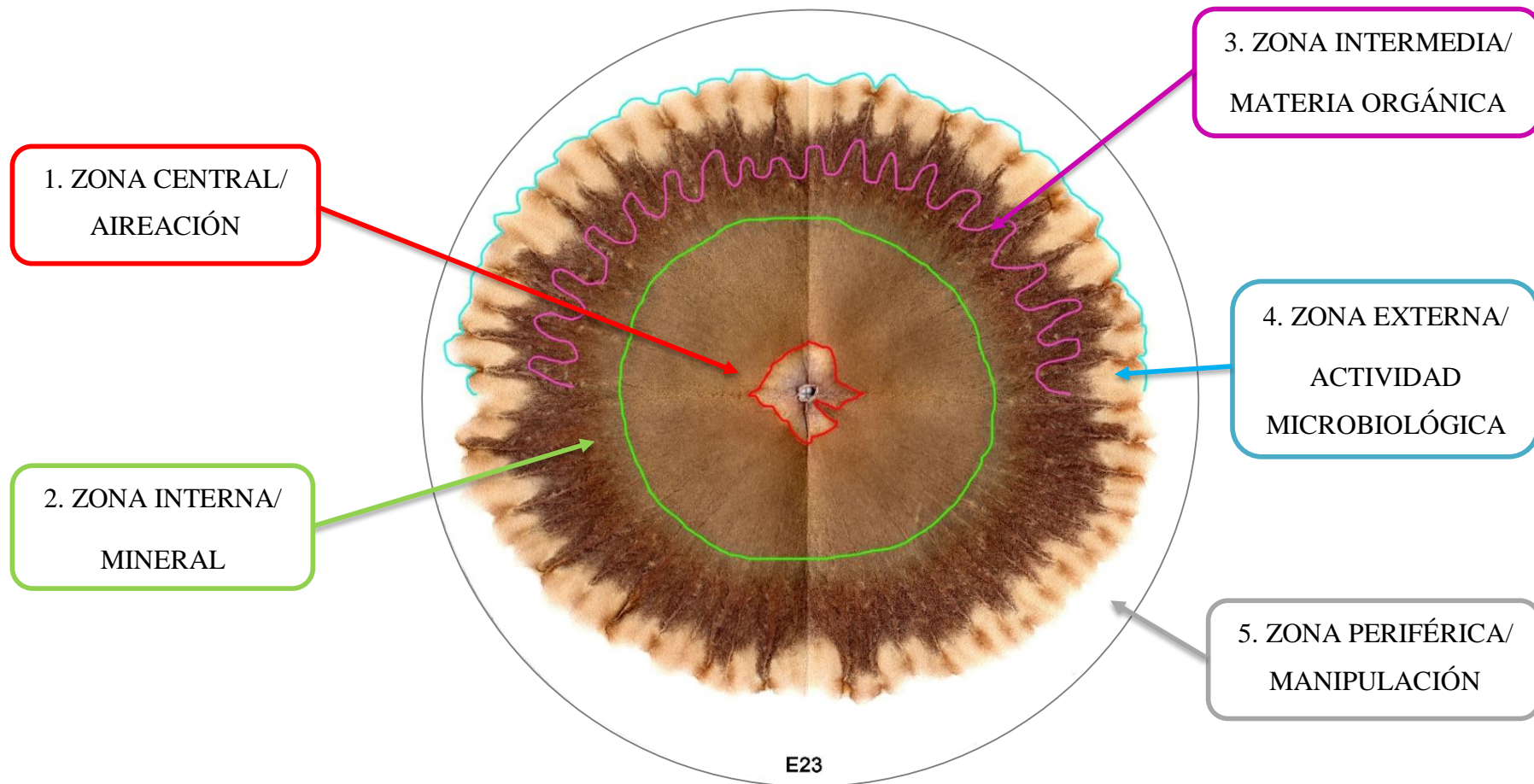
Fuente: (Obando, 2021)

Ilustración 3 Identificación de las Zonas con diámetro ideal de un Cromatograma para su Interpretación



Fuente: (Herrera, 2022)

Ilustración 4 Identificación de las Zonas de un Cromatograma para su Interpretación





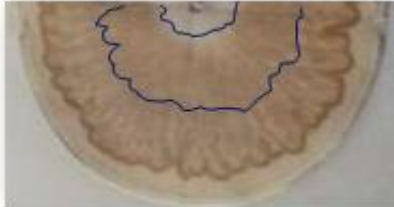
Fuente: (Herrera, 2022)

Tabla 2 Interpretación por color de la Zona Central de un Cromatograma

| INTERPRETACIÓN DE LA ZONA CENTRAL O DE ESTRUCTURA DE SUELO | | | |
|---|---|-------------------------|---|
| Permite la interpretación de la estructura y manejo cultural que tiene el suelo. | | | |
| NIVEL | CROMATOGRAMA | COLOR | INTERPRETACIÓN |
| BAJO |  | Negro Gris Cenizo | Estructura de suelos destruidos por mecanización y excesiva aplicación de fertilizantes químicos. |
| MEDIO |  | Blanco | Uso de abonos orgánicos no descompuestos, muy ricos en nitrógeno orgánico que han sido adulterados con fertilizantes químicos a base de urea. |
| ALTO |  | Crema | Buen manejo de maquinaria agrícola que proporciona buena estructura y manejo de agricultura orgánica. |

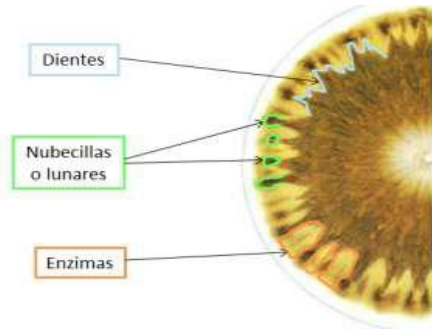
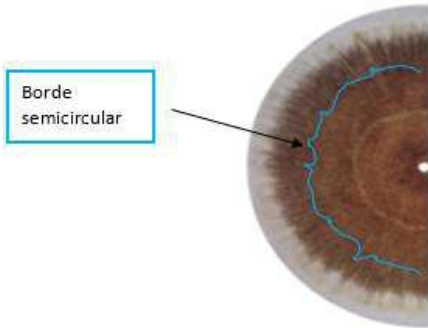
Fuente:(Obando, 2021)

Tabla 3 Interpretación por color de la Zona Interna

| INTERPRETACIÓN DE LA ZONA INTERNA O ZONA MINERAL | | | |
|---|--|-----------------------------|--|
| Relación del desplazamiento y la reacción del nitrato de plata con los minerales, y es donde se encuentran las sustancias más pesadas. | | | |
| NIVEL | CROMATOGRAMA | COLOR | INTERPRETACIÓN |
| BAJO |  | Negro Gris | Suelo compacto, mineralizado, destruida la materia orgánica y ausencia de actividad biológica y enzimática. |
| MEDIO |  | Degradados de anaranjado | Minerales aislados sin relación con la poca materia orgánica, no hay presencia de actividad enzimática. |
| ALTO |  | Cafés claros a oscuros | Suelos con presencia de minerales integrados con la materia orgánica, presencia de actividad enzimática y biológica. |

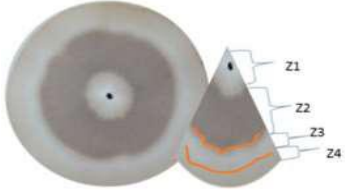

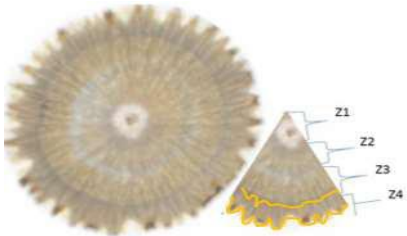
Fuente: (Obando, 2021)

Tabla 4 Interpretación de la Zona Intermedia

| INTERPRETACIÓN DE LA ZONA INTERMEDIA O ZONA PROTEICA | | | |
|---|---|--|--|
| Destaca la presencia o la ausencia de la materia orgánica en el suelo analizado. | | | |
| NIVEL | CROMATOGRAMA | ELEMENTOS | INTERPRETACIÓN |
| BUENO |  | <p>Dientes Lunares Enzimas</p> | <p>Alta actividad biológica y perfecta transformación de la materia orgánica en humus estable, formación de nubecillas enzimáticas, suelo sano.</p> |
| MALO |  | <p>Borde circular</p> | <p>Ausencia de materia orgánica son suelos totalmente mineralizados destruidos por la mecanización, por falta de cobertura vegetal o por la aplicación de fertilizantes químicos solubles.</p> |




Fuente: (Obando, 2021)

Tabla 5 Interpretación de la Zona Externa

| INTERPRETACIÓN DE LA ZONA EXTERNA O ZONA ENZIMÁTICA Y NUTRICIONAL | | | |
|---|---|--|--|
| Destaca la presencia o la ausencia de la materia orgánica en el suelo analizado. | | | |
| NIVEL | CROMATOGRAMA | ELEMENTOS | INTERPRETACIÓN |
| BAJO |  | Sin color en forma circular | Suelo agotado, afectado por la intensidad de su producción, la mecanización profunda y el uso intensivo de fertilizantes y agroquímicos, afectando la humificación de la materia orgánica. |
| MEDIO |  | Pequeñas e irregulares agujas que sobresalen | Ligeras radiaciones indicativo de la poca materia orgánica, suelo en proceso de erosión y pérdida de microbiota. |
| ALTO |  | Bordes irregulares con nubecillas | Suelo sano, gran actividad microbiológica diversificada y constante en el suelo, buen desarrollo de la formación enzimática y buena descomposición de la materia orgánica. |

Fuente: (Obando, 2021)

Tabla 6 Manejo de suelos con diferentes Sistemas de Producción

| INTERPRETACIÓN DE MANEJO DE SUELOS CON DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN | | | |
|---|--|----------------|---|
| NIVEL | CROMATOGRAMA | SISTEMA | INTERPRETACIÓN |
| BAJO |  | CONVENCIONAL | Uso de fertilizantes nitrogenados, suelo compactado, mineralizado, sin materia orgánica y ausencia de actividad biológica. |
| MEDIO |  | TEMPORAL | Uso de fertilizantes y estiércol, los minerales están aislados de la poca materia orgánica, actividad enzimática y biológica escasa como consecuencia de un suelo desnudo y erosionado. |
| ALTO |  | ORGÁNICO | Suelo orgánico, indica la integración de todas las zonas abundante actividad enzimática, con buena presencia de materia orgánica y minerales integrados por la actividad microbiana. |

Fuente: (Obando, 2021)

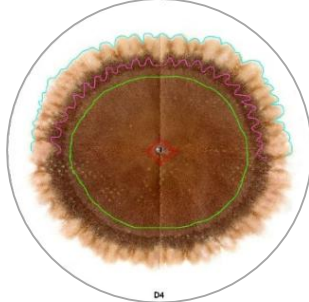
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Resultados de los análisis cromatográficos

Tablas de descripción e interpretación de resultados de cromatogramas de los tres ramales

Tabla 7 - Tablas de descripción e interpretación de resultados de cromatogramas del ramal Cuicuno

Tabla 7.1 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D4

| CÓDIGO D4 | | | | | |
|--|--|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.7 | 0.7 – 4.4 | 4.4 – 4.9 | 4.9 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Bajo | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| FORMACIÓN | Media | Baja | Media | Alta | |
| | Irregular | Circular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | | Presenta poca formación dentada | Pocas nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Poca actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

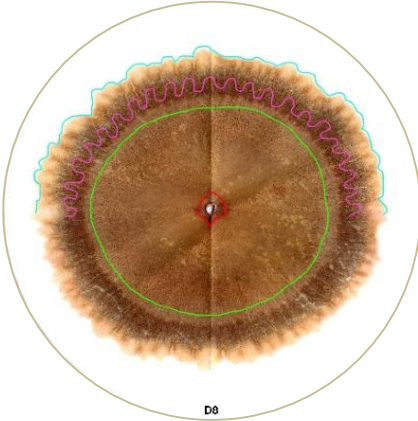
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna se nota la presencia de minerales con poca disponibilidad y presencia de caminos (plumas) para la interacción.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere poca actividad microbiológica y bajas reservas de materia orgánica.

Tabla 7.2 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D8

| CÓDIGO D8 | | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.7 | 0.7 – 4.4 | 4.4 – 5.3 | 5.3 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Bajo | Alto | Bajo | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café claro | Café claro | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alta | Alta | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Baja | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Circular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |

| | | | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | Media (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Pocas nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Poca actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

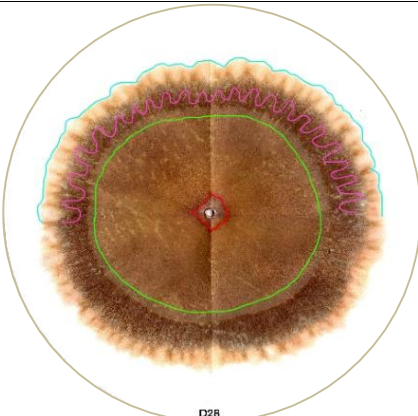
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja la presencia del uso de fosfatos.

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere poca actividad microbiológica y bajas reservas de materia orgánica.

Tabla 7.3 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D28

| CÓDIGO D28 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.1 | 4.1 – 5.1 | 5.1 – 5.8 | 5.8 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Bajo | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |

| | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Creoso |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta |
| FORMACIÓN | Irregular | Circular | Irregular | Irregular |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| OTROS | Media (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Pocas nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

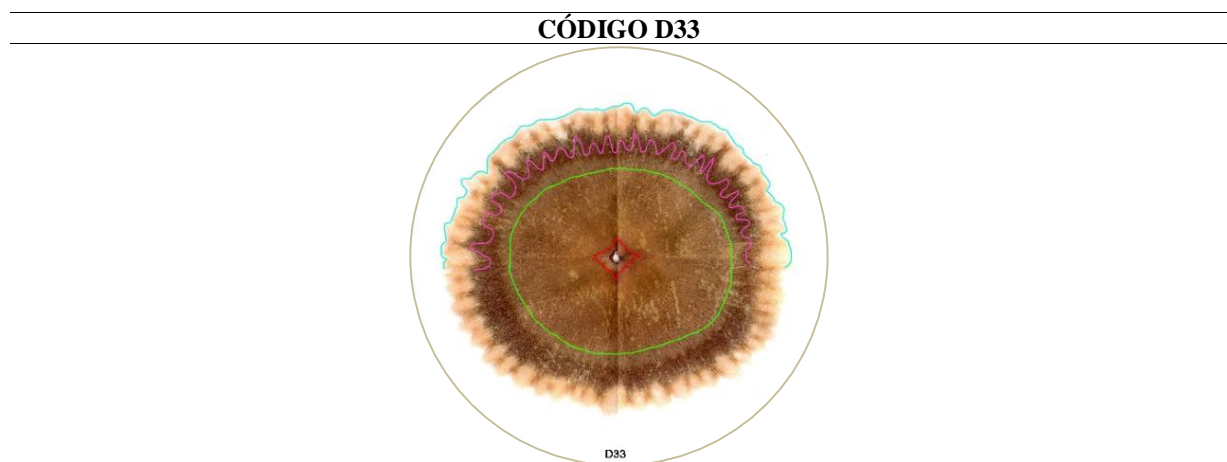
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café mostrando que el suelo se encuentra en un estado medianamente bueno, tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay presencia de minerales con poca disponibilidad, presenta caminos (plumas) y también presenta un anillo verde que refleja la presencia de uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

La zona externa por la forma del bode y la presencia de pocas nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 7.4 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D33



| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
|--------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.7 | 0.7 – 4.0 | 4.0 – 4.9 | 4.9 – 5.9 | 5.9 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Bajo | Alto | Bajo | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuró | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | Fosfatos | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

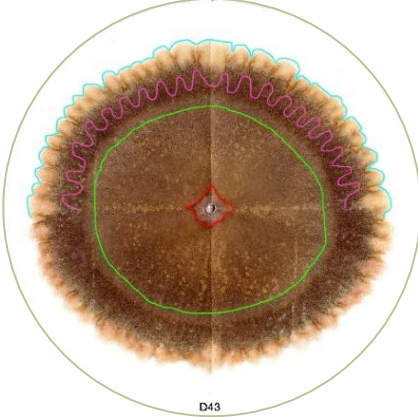
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café lo que indica un estado del suelo medianamente bueno, tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna se nota la presencia de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos y herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 7.5 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D43

| CÓDIGO D43 | | | | | |
|--|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.2 | 4.2 – 5.3 | 5.3 – 6.2 | 6.2 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscura | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Circular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

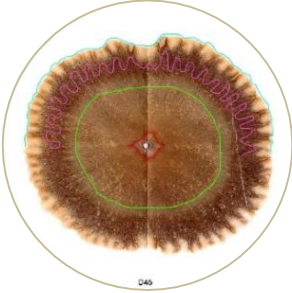
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 7.6 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D45

| CÓDIGO D45 | | | | | |
|--|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 3.9 | 3.9 – 5.0 | 5.0 – 5.9 | 5.9 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Alto | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Media | Alta | Alta | Alta | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| FORMACIÓN | Media | Media | Alta | Alta | |
| OTROS | Irregular | Irregular | Irregular | Media | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

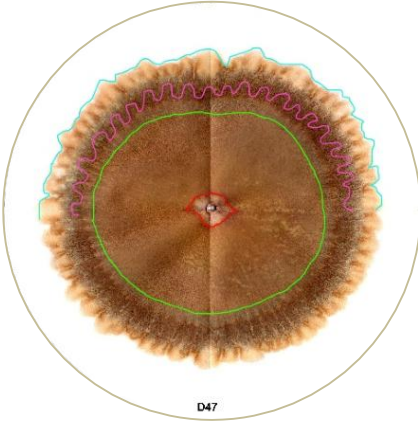
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café lo que indica un estado del suelo medianamente bueno, tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 7.7 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D47

| CÓDIGO D47 | | | | | |
|---|--|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.2 | 4.2 – 5.2 | 5.2 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Bajo | Bajo | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café claro | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| FORMACIÓN | Media | Media | Media | Media | |
| OTROS | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |

| | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | Buena aireación | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

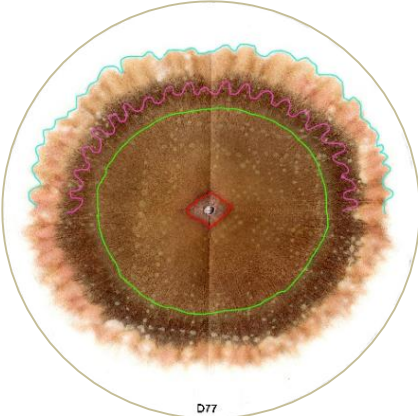
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa demostrando que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción; además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 7.8 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D77

| CÓDIGO D77 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.2 | 4.2 – 5.2 | 5.2 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto |

| | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscurο | Café oscuro | Creinoso |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Creinoso |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | |
| | Media | Media | Media | Media |
| FORMACIÓN | Irregular | Circular | Irregular | Irregular |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| OTROS | Media (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Pocas nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Poca actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

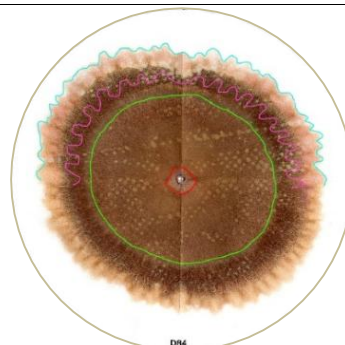
En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido de MO en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere poca actividad microbiológica y bajas reservas de materia orgánica.

Tabla 7.9 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D84

CÓDIGO D84



| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
|-------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.7 | 0.7 – 4.2 | 4.2 – 5.0 | 5.0 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Bajo | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Media | Media | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Pocas nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

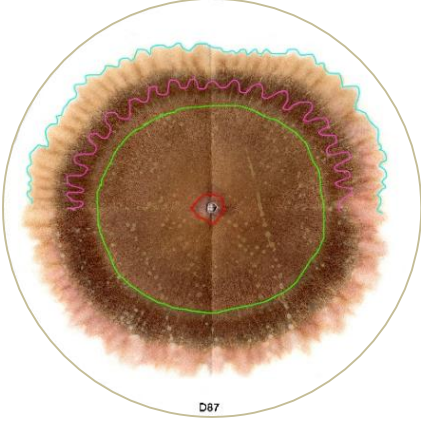
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café demostrando que el estado del suelo es medianamente bueno, tiene poca aireación y además inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción, y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con una cantidad de MO en nivel medio.

La zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 7.10 Descripción de un cromatograma del ramal Cuicuno – Código D87

| CÓDIGO D87 | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 3.9 | 3.9 – 5.1 | 5.1 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Circular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Pocas nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al Ramal Cuicuno.

Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

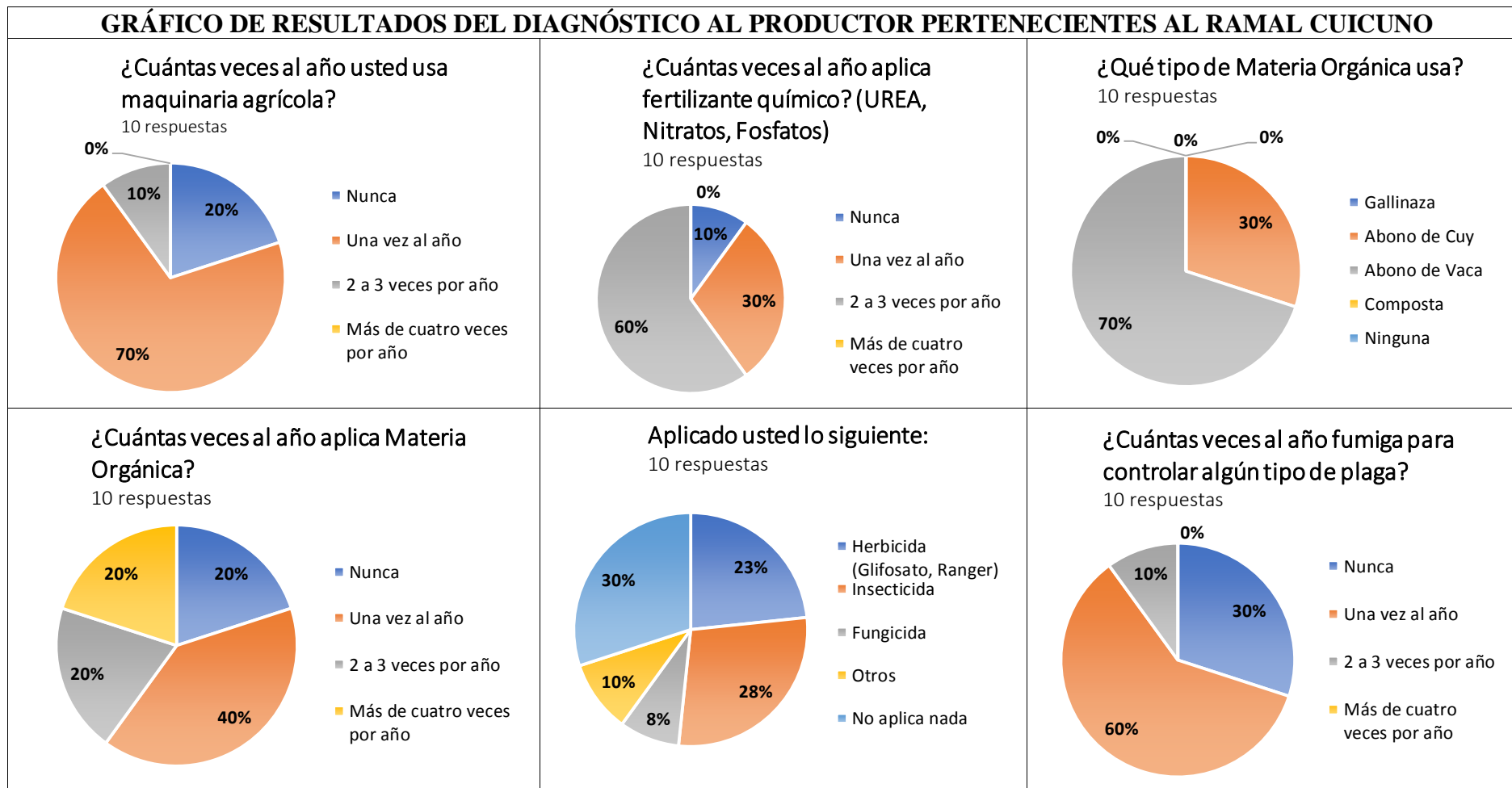
En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con cantidad media de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere buena actividad microbológica y reservas de materia orgánica.

Resultados del Diagnóstico a los Productores

Tabla 8 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal Cuicuno



Fuente: (Herrera, 2022)

Resumen del diagnóstico al productor de los tres ramales

Tabla 9 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal Cuicuno

| PREGUNTA | Nunca | Una Vez al año | 2 a 3 veces por año | Más de cuatro veces | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| ¿Cuántas veces al año usted usa maquinaria agrícola? | 20% | 70% | 10% | 0% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica fertilizante químico (UREA, Nitratos, Fosfatos) | 10% | 30% | 60% | 0% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica Materia Orgánica? | 20% | 40% | 20% | 20% | |
| ¿Cuántas veces al año fumiga para controlar algún tipo de plaga? | 30% | 60% | 10% | 0% | |
| PREGUNTA | Gallinaza | Abono de Cuy | Abono de Vaca | Composta | Ninguna |
| ¿Qué tipo de Materia Orgánica usa? | 0% | 30% | 70% | 0% | 0% |
| PREGUNTA | Herbicida (Glifosato, Ranger) | Insecticida | Fungicida | Otros | No aplica nada |
| Aplicado usted lo siguiente: | 23% | 28% | 8% | 10% | 30% |

Nota: La tabla resumen sirve para el análisis de los resultados.

Análisis del comportamiento del suelo en el ramal Cuicuno

En los 10 cromatogramas del Ramal Cuicuno, en la zona central podemos observar un color café y con formas irregulares; esto indica que se realizan pocas labores de aireación al suelo, también podemos evidenciar cierta compactación del mismo, esto se debe al uso de prácticas agrícolas no adecuadas; lo que corroboramos con la encuesta levantada en el ramal, donde el 10% de los productores usa maquinaria agrícola de 2 a 3 veces por año, el 70% usa maquinaria agrícola una vez al año y un 20% no usa maquinaria agrícola, y refrenda lo estipulado por El Ministerio del Ambiente, (2018) donde afirma que: la degradación de la tierra actúa a causa de las malas prácticas, la excesiva labranza o mecanización en la preparación del suelo, el pastoreo intensivo, entre otros.

En la zona interna se observa un color café claro/oscuero y con caminos (plumas) que indica presencia de minerales, esto se puede deber al tipo de agricultura empleada por el dueño del predio ya que las encuestas levantadas nos concluyen que el 100% aplica fertilizante químico; cabe mencionar que los minerales presentan poca interacción ya que no tienen una muy buena interacción con la zona intermedia por la irregularidad en los engranajes de la zona de transición.

También se observa que, en el 90% de los cromatogramas, la zona interna presenta anillos de color verde, que indica el uso de productos químicos (glifosato y sulfatos), o a la mala descomposición de la materia orgánica, saturando el suelo y provocando la momificación de la misma. Esto valida a las encuestas aplicadas al productor, donde el 80 % de los ellos afirma usar estos productos. Esto implica referenciar lo planteado por González, (2019) donde menciona que los fertilizantes químicos han contribuido al rendimiento de los cultivos y el uso intensivo de estos ha generado impactos negativos como son: variación del pH, deterioro de la estructura del suelo y deterioro de la microfauna.

La zona intermedia el 50% de los análisis presentan poca formación dentada, indicando que hay presencia de materia orgánica en una cantidad baja-media disponible para las plantas, lo cual se ve expresado en las encuestas que nos dice que el 20% de productores aplica materia orgánica más de 4 veces por año, un 20% aplica de 2 a 3 veces por año, el 40% aplica una vez por año y un 20% no aplica materia orgánica. El tipo de materia orgánica que usan según los resultados obtenidos son con el 30% usa abono de Cuy y el 70% utiliza abono de Vaca. Que se ve en la baja productividad de los pastos esto concuerda a lo planteado por Julca et al., (2006) donde mencionan que la materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas

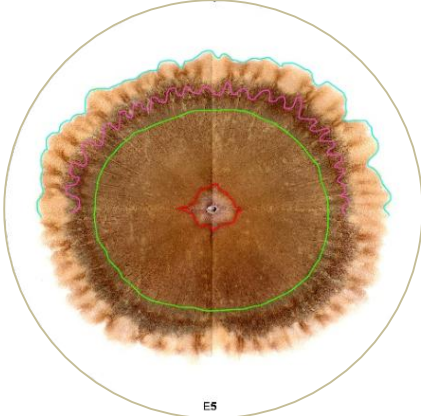
del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo a la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

En la zona externa se puede observar que, en las terminaciones de los cromatogramas presentan nubecillas, lo cual indica que hay presencia de microorganismos y reservas disponibles de materia orgánica que pueden ser aprovechadas por el cultivo; esto podemos constatar en la tabla 17 donde nos da a conocer que hay una alta presencia de microorganismos $1.225 \text{ colonias} \times \text{gr}^{-1}$ consideradas incontables.

En las encuestas realizadas a los productores los resultados reflejan que un 23% utiliza herbicidas (Glifosato, Ranger), el 28% utiliza insecticidas, un 8% usa fungicidas, el 10% aplica bio plaguicidas y un 30% no aplica ningún tipo de plaguicida. Así también pudimos evidenciar las veces que se aplican estos plaguicidas, corroborando la información tenemos que el 10% utiliza de 2 a 3 veces por año, el 60% hace uso al menos una vez por año, y un 30% no hace uso de estos productos, donde Castillo et al., (2020) dan a conocer que los agricultores aplican los pesticidas por la necesidad de proteger a sus cultivos, sin tomar en cuenta la toxicidad del producto, que conlleva a la contaminación por residuos químicos a los cultivos, lo cual repercute en el suelo.

Tabla 10 - Tablas de Descripción e Interpretación de Resultados de Cromatogramas del Ramal El Pueblo

Tabla 10.1 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E5

| CÓDIGO E5 | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.0 | 1.0 – 4.3 | 4.3 – 4.8 | 4.8 – 5.8 | 5.8 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Bajo | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café claro | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

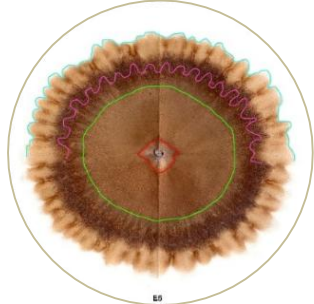
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café claro esto hace referencia a un suelo en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna se nota la presencia de minerales, tiene caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 10.2 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E6

| CÓDIGO E6 | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.0 | 1.0 – 3.8 | 3.8 – 5.0 | 5.0 – 6.3 | 6.3 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café claro | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

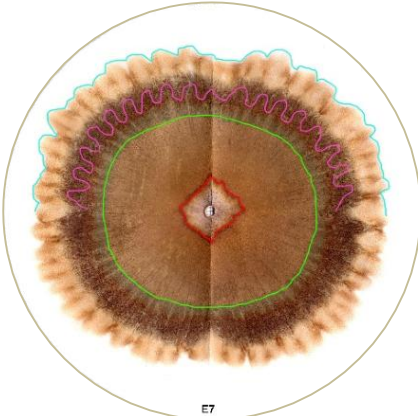




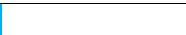
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café claro demostrando que el estado del suelo es bueno, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso fosfatos.

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 10.3 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E7

| CÓDIGO E7 | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| |  |  |  |  |  |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 4.0 | 4.0 – 4.9 | 4.9 – 5.9 | 5.9 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |

| | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | Buena aireación | Glifosato (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

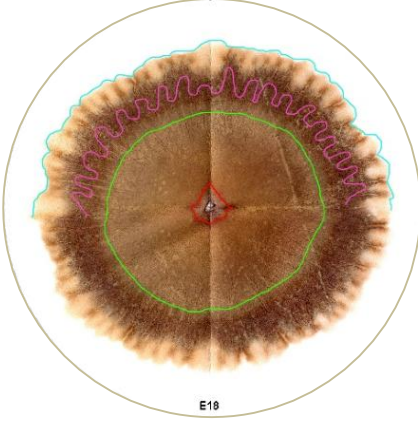
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa, indica que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con una cantidad de MO en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 10.4 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E18

| CÓDIGO E18 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.9 | 0.9 – 3.9 | 3.9 – 5.1 | 5.1 – 6.2 | 6.2 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Alto | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |

| | | | | |
|------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular |
| OTROS | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

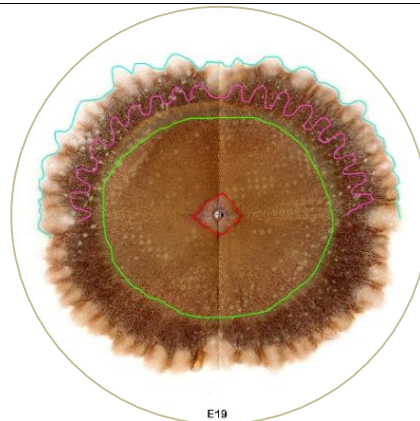
En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 10.5 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E19

CÓDIGO E19



| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
|--------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.9 | 0.9 – 4.2 | 4.2 – 4.9 | 4.9 – 6.0 | 6.0 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuró | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | CONVENCIONAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

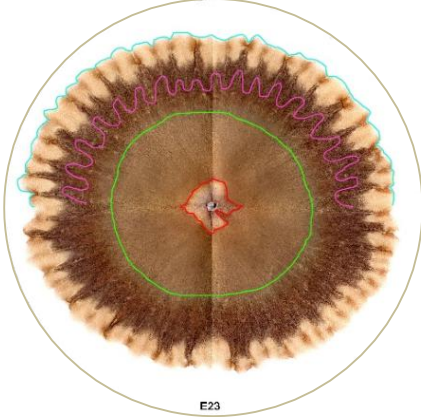
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café, demostrando que el estado del suelo es medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con una cantidad media de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 10.6 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E23

| CÓDIGO E23 | | | | | |
|--|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.1 | 1.1 – 3.9 | 3.9 – 5.2 | 5.2 – 6.4 | 6.4 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

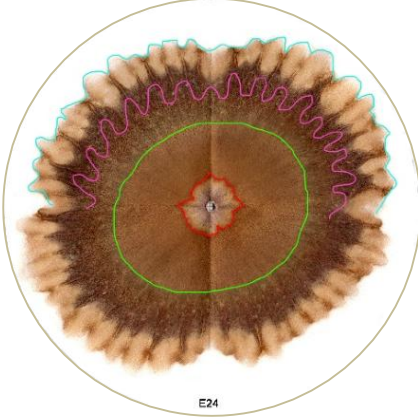
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa esto hace referencia a un buen estado del suelo, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbológica y reservas de MO.

Tabla 10.7 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E24

| CÓDIGO E24 | | | | | |
|---|--|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 3.6 | 3.6 – 4.7 | 4.7 – 5.6 | 5.6 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Alto | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Media | |
| OTROS | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Buena (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

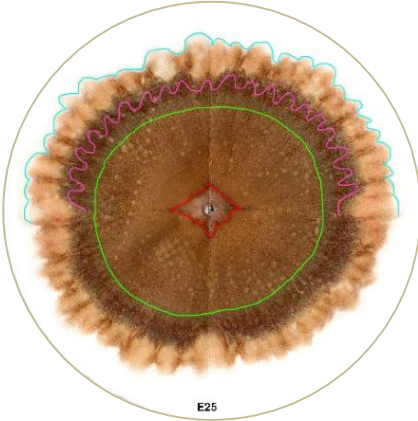
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa demostrando que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 10.8 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E25

| CÓDIGO E25 | | | | | |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 4.2 | 4.2 – 5.0 | 5.0 – 6.2 | 6.2 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscur | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |

| | | | | |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | Media aireación | Glifosato (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

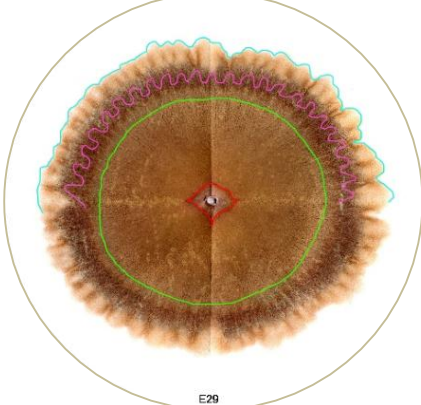
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café lo que hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con una cantidad de materia orgánica en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 10.9 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E29

| CÓDIGO E29 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.1 | 4.1 – 4.8 | 4.8 – 6.0 | 6.0 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Bajo | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |

| | | | | |
|------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | |
| | Media | Media | Media | Media |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| OTROS | Media aireación | Glifosato (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

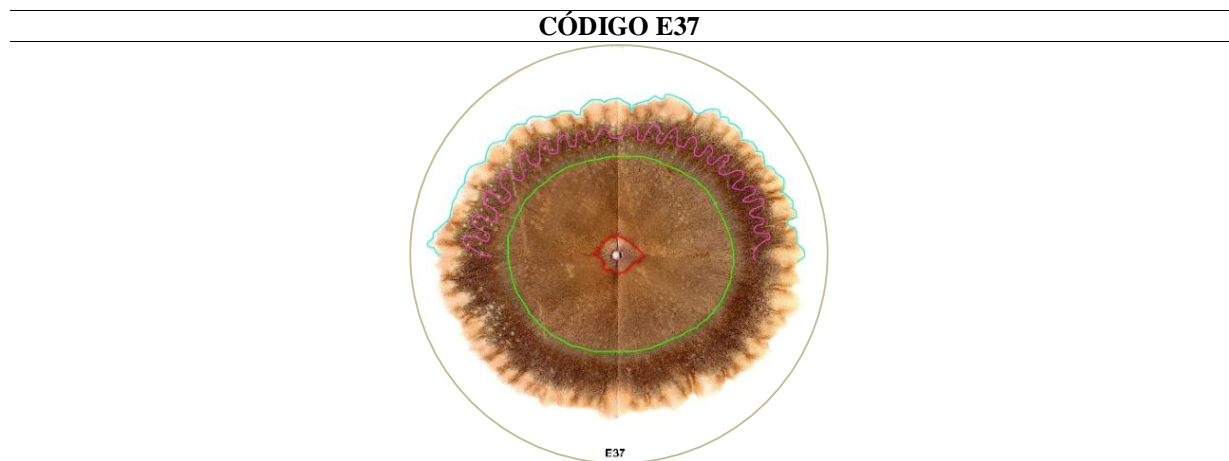
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café demostrando un estado del suelo medianamente bueno, tiene poca aireación y presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción, y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 10.10 Descripción de un cromatograma del ramal El Pueblo – Código E37



| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
|--------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.9 | 0.9 – 4.2 | 4.2 – 5.1 | 5.1 – 6.2 | 6.2 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscurο | Café oscuro | Creinoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Creinoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal El Pueblo.

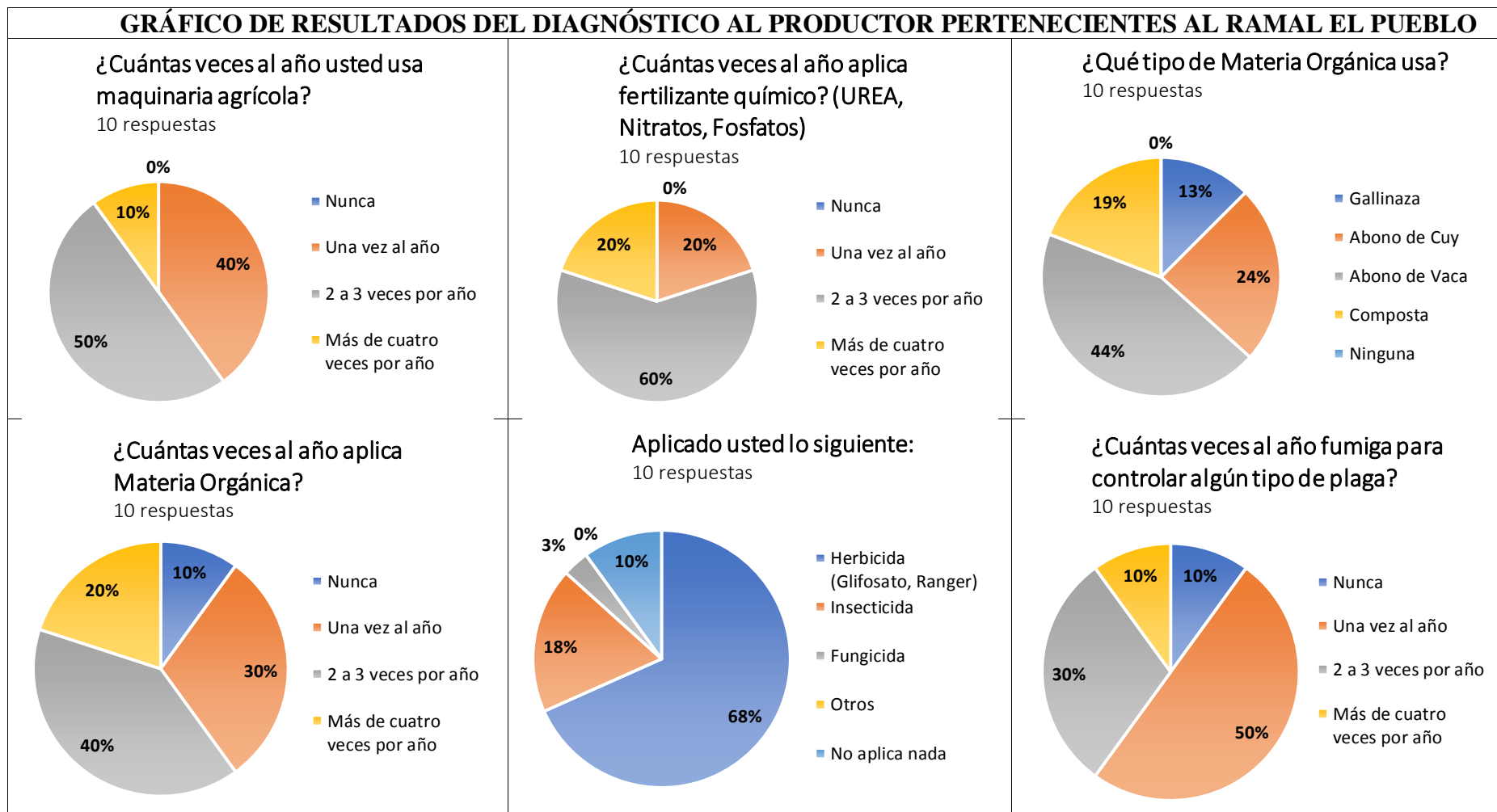
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido medio de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere poca actividad microbiológica y bajas reservas de materia orgánica.

Tabla 11 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal El Pueblo



Fuente: (Herrera, 2022)

Tabla 12 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal El Pueblo

| PREGUNTA | Nunca | Una Vez al año | 2 a 3 veces por año | Más de cuatro veces | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| ¿Cuántas veces al año usted usa maquinaria agrícola? | 0% | 40% | 50% | 10% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica fertilizante químico (UREA, Nitratos, Fosfatos) | 0% | 20% | 60% | 20% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica Materia Orgánica? | 10% | 30% | 40% | 20% | |
| ¿Cuántas veces al año fumiga para controlar algún tipo de plaga? | 10% | 50% | 30% | 10% | |
| PREGUNTA | Gallinaza | Abono de Cuy | Abono de Vaca | Composta | Ninguna |
| ¿Qué tipo de Materia Orgánica usa? | 13% | 20% | 44% | 19% | 0% |
| PREGUNTA | Herbicida (Glifosato, Ranger) | Insecticida | Fungicida | Otros | No aplica nada |
| Aplicado usted lo siguiente: | 68% | 18% | 3% | 0% | 10% |

Nota: La tabla resumen sirve para el análisis de los resultados.

Análisis del comportamiento del suelo en el ramal El Pueblo

En los 10 cromatogramas del Ramal El Pueblo, la zona central observamos un color cremoso y café, y con formas irregulares; esto indica que el 50% de productores realiza labores de aireación al suelo, en el 50% de los análisis se evidencia cierta compactación del mismo, esto se debe al uso de prácticas agrícolas no apropiadas. Lo que corroboramos en el levantamiento de las encuestas en el ramal, donde el 10% de los productores usa maquinaria agrícola más de 4 veces al año, el 50% de 2 a 3 veces por año y un 40% usa maquinaria agrícola una vez al año, lo cual Cartes, (2013) valida que la degradación del suelo se puede entender como la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad. Por otra parte, la degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo.

En la zona interna se observa un color café claro/oscurito y con caminos (plumas) que muestra la presencia de minerales, esto se debe al tipo de agricultura empleada por el propietario del predio ya que las encuestas levantadas a los productores nos concluyen que el 100% aplica fertilizante químico; los cromatogramas presentan minerales con buena interacción con la zona intermedia por la regularidad en los engranajes de la zona de transición.

También se observa que, en 100% de los cromatogramas, la zona interna presenta anillos de color verde, que indica el uso de productos químicos (glifosato y sulfatos), o a la mala descomposición de la materia orgánica. Esto valida a las encuestas aplicadas al productor, donde el 80% de los ellos afirma usar estos productos, lo cual Obando, (2021) en su investigación afirma que la presencia de anillos de color verde, indica el uso de químicos (glifosato y sulfatos).

La zona intermedia presenta formaciones dentadas, lo cual indica que hay presencia de materia orgánica en una cantidad media, la cual está a disposición de las plantas, además se ve expresado en las encuestas que nos indica que el 20% de productores aplica materia orgánica más de 4 veces por año, un 40% aplica de 2 a 3 veces por año, el 30% aplica una vez por año y un 10% no aplica materia orgánica. El tipo de materia orgánica que usa el ramal para su producción corroboran las encuestas levantadas, que el 13% aplica Gallinaza, un 20% usa abono de Cuy, el 44% utiliza abono de Vaca y un 19% usa Composta.

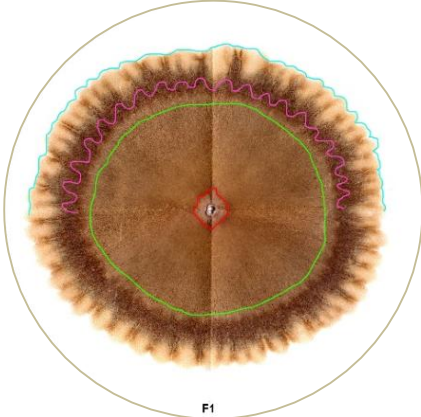
En la zona externa se observa que en la terminación de los cromatogramas presentan nubecillas, indicando que hay presencia de microorganismos y reservas disponibles de materia orgánica que pueden ser aprovechadas por el cultivo; esto podemos constatar en la

tabla 17 donde nos da a conocer que hay una alta presencia de microorganismos 1.208 colonias/gr⁻¹ consideradas incontables.

En las encuestas realizadas a los productores los resultados reflejan que un 68% utiliza herbicidas (Glifosato, Ranger), el 18% utiliza insecticidas, un 3% usa fungicidas y el 10% no aplica ningún tipo de plaguicida. Así también pudimos evidenciar las veces que se aplican estos plaguicidas, corroborando la información tenemos que, el 10% usa más de 4 veces por año, un 30% utiliza de 2 a 3 veces por año, el 50% usa al menos una vez por año y un 10% no hace uso de estos productos, donde Ramírez, (2018) indica que los pesticidas son sustancias complejas de origen químico, muy necesarias en la solución de los problemas que presentan comúnmente los cultivos agrícolas, sin embargo, pueden ocasionar un conjunto de riesgos mayores a sus beneficios si no son utilizados adecuadamente.

Tabla 13 - Tablas de Descripción e Interpretación de Resultados de Cromatogramas del Ramal La Calera

Tabla 13.1 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F1

| CÓDIGO F1 | | | | | |
|--|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.6 | 0.6 – 4.3 | 4.3 – 5.1 | 5.1 – 6.0 | 6.0 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Bajo | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuró | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |

| | | | | |
|------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | Media | Media | Alta | Alta |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| OTROS | Media (aireación) | | Presenta formación dentada | Con nubecillas |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

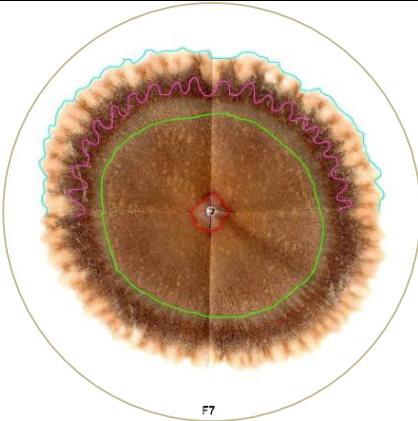
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa con tendencia a café lo que hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero con poca y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna se nota la disponibilidad de minerales y la presencia de caminos (plumas) para la interacción.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido medio de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.2 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F7

| CÓDIGO F7 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |

| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 0.8 | 0.8 – 4.1 | 4.1 – 5.0 | 5.0 – 5.8 | 5.8 – 7.5 |
|-------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscurο | Café oscuro | Creinoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Creinoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Media (aireación) | Glifosato (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | Inicio de compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

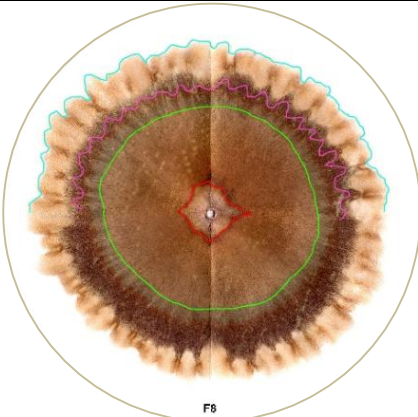
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café, esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con contenido materia orgánica en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de MO.

Tabla 13.3 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F8

| CÓDIGO F8 | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5. – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.3 | 1.3 – 4.1 | 4.1 – 5.0 | 5.0 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Media | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena (aireación) | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

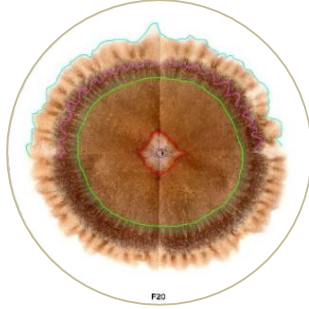
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa demostrando que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido medio de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.4 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F20

| CÓDIGO F20 | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.3 | 1.3 – 4.2 | 4.2 – 4.9 | 4.9 – 6.2 | 6.2 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Bajo | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN CONTRASTE DEL COLOR | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| FORMACIÓN | Media | Alta | Media | Alta | |
| OTROS | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Baja (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Buena aireación | Fosfatos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

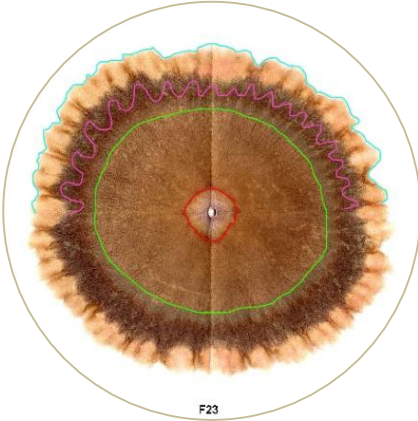
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa, es decir que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con bajo contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.5 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F23

| CÓDIGO F23 | | | | | |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| | | | | | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.1 | 1.1 – 4.2 | 4.2 – 5.1 | 5.1 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |

| | | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | Buena aireación | Residuos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Pocas nubecillas |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

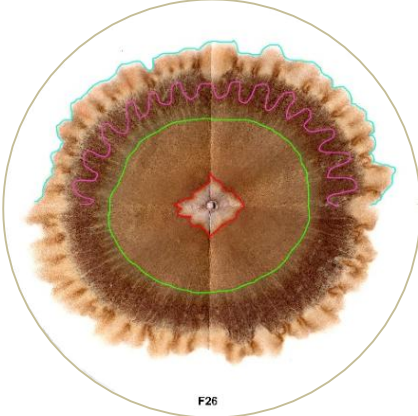
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa esto hace referencia a un suelo en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna se nota minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción además presenta un anillo verde que refleja residuos del uso de fosfatos o herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido medio de MO.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de pocas nubecillas se infiere actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.6 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F26

| CÓDIGO F26 | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.3 | 1.3 – 3.7 | 3.7 – 4.8 | 4.8 – 6.0 | 6.0 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |

| | | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | |
| | Media | Alta | Alta | Alta |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) |
| OTROS | Buena aireación | Residuos (anillo verde) | Presenta poca formación dentada | Con nubecillas |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

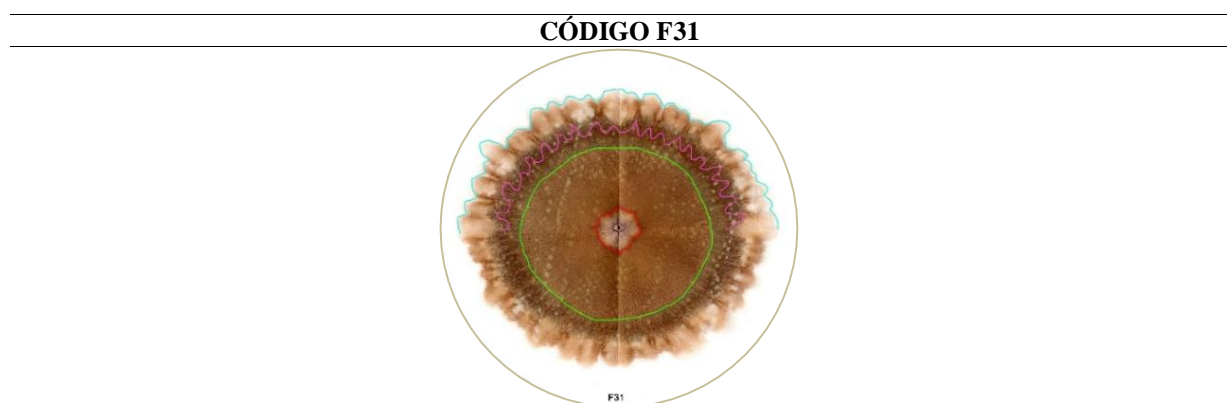
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa demostrando que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay disponibilidad de minerales, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja residuos del uso de fosfatos o herbicidas (Glifosato).

Para el caso de la zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.7 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F31



| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
|--------------------------------|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.0 | 1.0 – 4.2 | 4.2 – 4.9 | 4.9 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuró | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena aireación | Fosfatos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

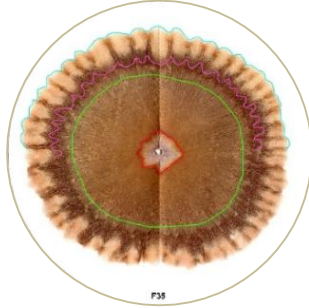
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa lo que indica que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna se nota minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con contenido de MO en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.8 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F35

| CÓDIGO F35 | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 4.2 | 4.2 – 5.0 | 5.0 – 6.1 | 6.1 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| OTROS | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Buena aireación | Residuos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

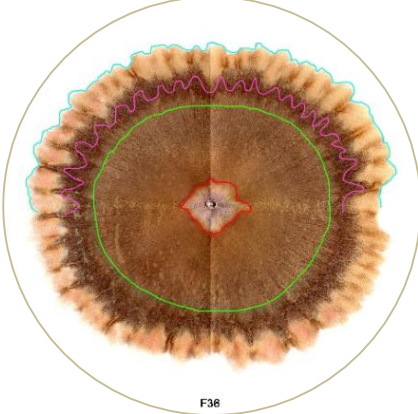




Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa, demostrando que el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja residuos del uso de fosfatos o herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con contenido medio de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.9 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F36

| CÓDIGO F36 | | | | | |
|---|---|---|--|---|------------------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| |  |  |  |  | |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 4.1 | 4.1 – 4.9 | 4.9 – 5.8 | 5.8 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Medio | Medio | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscura | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Crema | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Alto | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Media | Media | Alta | Alta | |
| FORMACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad Buena | Caminos (plumas) | Media (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| OTROS | Buena aireación | Fosfatos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |
| | No hay compactación | | | Buena actividad microbiológica | |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | | | | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

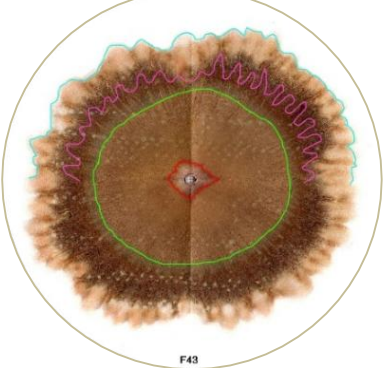
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración cremosa, es decir el suelo se encuentra en buen estado, tiene buena aireación y no presenta compactación.

En la zona interna se nota minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción además presenta un anillo verde que refleja el uso de fosfatos.

La zona intermedia a juzgar por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con un contenido de MO en un nivel medio.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 13.10 Descripción de un cromatograma del ramal La Calera – Código F43

| CÓDIGO F43 | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|
|  | | | | | |
| | ZONA CENTRAL | ZONA INTERNA | ZONA INTERMEDIA | ZONA EXTERNA | ZONA PERIFÉRICA |
| RANGOS FAVORABLES | 0 – 1.5 | 1.5 – 4.0 | 4.0 – 5.5 | 5.5 – 7 | 7 – 7.5 |
| RANGOS DEL CROMATOGRAMA | 0 – 1.2 | 1.2 – 3.9 | 3.9 – 4.9 | 4.9 – 5.9 | 5.9 – 7.5 |
| DESCRIPCIÓN | | | | | |
| RADIOS | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| COLORACIÓN FAVORABLE | Crema | Café claro/oscuro | Café oscuro | Cremoso | |
| COLORACIÓN | Café | Café | Café oscuro | Cremoso | |
| CONTRASTE DEL COLOR | Medio | Alto | Alto | Alto | |
| INTEGRACIÓN | Transición del color entre zonas suavemente y presencia de caminos entre zonas | | | | |
| FORMACIÓN | Media | Media | Alta | Alta | |
| OTROS | Irregular | Irregular | Irregular | Irregular | |
| | Calidad medianamente Buena | Caminos (plumas) | Alta (cantidad de M.O.) | Caminos (plumas) | |
| | Media aireación | Residuos (anillo verde) | Presenta formación dentada | Con nubecillas | |

| | | |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | Inicio de compactación | Buena actividad microbiológica |
| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | TEMPORAL | |

Nota: El gráfico muestra la interpretación por zonas de un cromatograma perteneciente al ramal La Calera.

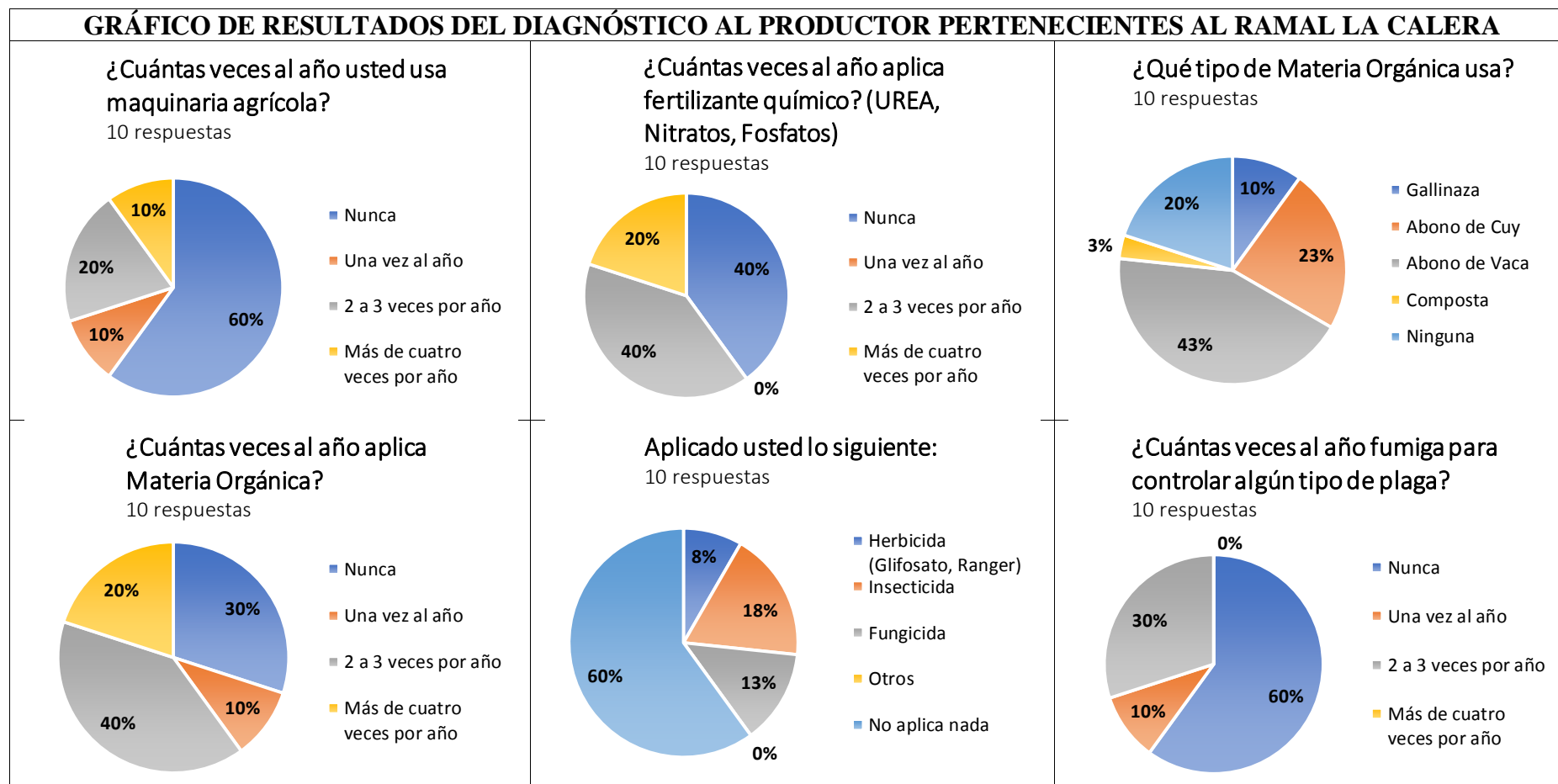
Interpretación: El cromatograma en la zona central presenta una coloración café esto hace referencia a un estado del suelo medianamente bueno, pero tiene poca aireación y además presenta inicio de compactación.

En la zona interna hay minerales disponibles, presenta caminos (plumas) para la interacción y además presenta un anillo verde que refleja residuos del uso de fosfatos o herbicidas (Glifosato).

La zona intermedia por el ancho del anillo se interpreta como un suelo con alto contenido de materia orgánica.

En la zona externa por la forma del borde y la presencia de nubecillas se infiere buena actividad microbiológica y reservas de materia orgánica.

Tabla 14 - Resultados del diagnóstico realizado a los productores del Ramal La Calera



Fuente: (Herrera, 2022)

Tabla 15 - Tabla resumen del diagnóstico al productor del ramal La Calera

| PREGUNTA | Nunca | Una Vez al año | 2 a 3 veces por año | Más de cuatro veces | |
|--|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| ¿Cuántas veces al año usted usa maquinaria agrícola? | 60% | 10% | 20% | 10% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica fertilizante químico (UREA, Nitratos, Fosfatos) | 40% | 0% | 40% | 20% | |
| ¿Cuántas veces al año aplica Materia Orgánica? | 30% | 10% | 40% | 20% | |
| ¿Cuántas veces al año fumiga para controlar algún tipo de plaga? | 60% | 10% | 30% | 0% | |
| PREGUNTA | Gallinaza | Abono de Cuy | Abono de Vaca | Composta | Ninguna |
| ¿Qué tipo de Materia Orgánica usa? | 10% | 23% | 43% | 3% | 20% |
| PREGUNTA | Herbicida (Glifosato, Ranger) | Insecticida | Fungicida | Otros | No aplica nada |
| Aplicado usted lo siguiente: | 8% | 18% | 13% | 0% | 60% |

Nota: La tabla resumen sirve para el análisis de los resultados.

Análisis del comportamiento del suelo en el ramal La Calera

En los 10 cromatogramas del Ramal La Calera, la zona central se observa un color cremoso y café claro, y con formas irregulares; nos indica que el 70% de productores realiza labores de aireación al suelo, el 30% del total de las cromatografías podemos evidenciar cierta compactación del mismo, esto se debe a las prácticas agrícolas no apropiadas; lo cual corroboramos con la encuesta levantada, donde el 10% de los productores usa maquinaria agrícola más de 4 veces al año, el 20% de 2 a 3 veces por año, un 10% usa una vez al año y el 60% no usa maquinaria agrícola, esto refrenda Encina & Ibarra, (2003) donde afirman que el daño físico se produce principalmente debido a la compactación que sufre el suelo, ya sea por el uso continuo de maquinaria pesada o el pisoteo del ganado.

En la zona interna se observa un color café claro/oscuero y presenta caminos (plumas) que indica la presencia de minerales y por ende su interacción, esto se debe al tipo de agricultura empleada por el dueño del lote ya que las encuestas levantadas nos concluyen que el 60% aplica fertilizante químico; todos los cromatogramas tienen una buena interacción con la zona intermedia.

También se observa que, en el 90% de los cromatogramas, la zona interna presenta anillos de color verde, que indica el uso de productos químicos (glifosato y sulfatos), esto valida a las encuestas aplicadas al productor, donde el 40 % de los ellos afirma usar estos productos.

La zona intermedia el 70% de los cromatogramas presenta formación dentada, mientras que el 30% presenta poca formación dentada, mostrando que hay presencia de materia orgánica en una cantidad media, la cual está disponible para la asimilación de las plantas, de manera que se ve expresado en las encuestas que nos dice que el 20% de productores aplica materia orgánica más de 4 veces por año, un 40% aplica de 2 a 3 veces por año, el 10% aplica una vez por año y un 30% no aplica materia orgánica. El tipo de materia orgánica que usan los agricultores, tenemos que el 10% aplica Gallinaza, un 23% usa abono de Cuy, el 43% utiliza abono de Vaca, un 3% usa Composta y el 20% no utiliza materia orgánica de ningún tipo.

En la zona externa se puede observar que las terminaciones de los cromatogramas tienen formaciones irregulares y con nubecillas, indicando que hay presencia de microorganismos y reservas disponibles de materia orgánica que pueden ser aprovechadas por el cultivo; esto podemos constatar en la tabla 17 donde nos da a conocer que hay una alta presencia de microorganismos $1.167 \text{ colonias/gr}^{-1}$ consideradas incontables, donde Osorio, (2009)

menciona que los microorganismos están involucrados en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes.

En las encuestas realizadas a los productores los resultados reflejan que un 8% utiliza herbicidas (Glifosato, Ranger), el 18% utiliza insecticidas, un 13% usa fungicidas y el 30% no aplica ningún tipo de plaguicida. Así también se evidencia las veces que aplican estos plaguicidas, corroborando la información tenemos que el 10% hace uso de los plaguicidas al menos una vez por año, un 30% utiliza de 2 a 3 veces por año y un 60% no hace uso de estos productos, a lo estipulado Izquierdo, (2017) da a conocer que el uso indiscriminado de plaguicidas actúan en el suelo disminuyendo la actividad de enzimas, influyendo en la mineralización de la materia orgánica. La presencia de estos agroquímicos en el suelo va a depender de las propiedades físico – químicas del mismo, así como también de las características del suelo y las condiciones climáticas.

ANÁLISIS

Análisis de los resultados del comportamiento de la calidad del suelo de los tres ramales.

Una vez terminado el análisis de resultados, sabemos que los productores de los ramales Cuicuno, El Pueblo y La Calera hacen uso del suelo con un sistema de producción temporal (convencional y orgánico), con riesgo a futuro de compactación y degradación.

En su conjunto los cromatogramas nos indican que el suelo presenta características medianamente buenas para los cultivos tanto agrícolas como para los potreros, interpretado por la presencia de caminos radiales que integran las diferentes zonas de los cromatogramas, pero se necesita realizar esfuerzos para un incremento de materia orgánica y la actividad microbiológica, con lo cual en el corto plazo se puede contar con un mejoramiento de su calidad.

DISCUSIÓN

Tabla 16 - Tabla de discusión de resultados

| RAMALES ZONAS | Cuicuno | El Pueblo | La Calera | Sinapsis horizontal |
|--------------------------|--|--|--|---|
| Zona Central | 10 muestras presentan un color café. | 7 muestras presentan un color café y 3 con color cremoso. | 3 muestras presentan un color café y 7 con un color cremoso. | El 67% tiene un color café y el 33% tiene un color cremoso. |
| Zona Interna | 10 muestras presentan un color café claro/oscuro y con caminos (plumas) | 10 muestras presentan un color café claro/oscuro y con caminos (plumas) | 10 muestras presentan un color café claro/oscuro y con caminos (plumas) | El 100% de las muestras presentan un color café claro/oscuro y con caminos (plumas) |
| Zona Intermedia | 5 muestras presentan poca formación dentada y 5 presentan formación dentada. | 5 muestras presentan poca formación dentada y 5 presentan formación dentada. | 3 muestras presentan poca formación dentada y 7 presentan formación dentada. | El 43% presentan poca formación dentada y el 57% presentan formación dentada. |
| Zona Externa | 6 muestras presentan pocas nubecillas y 4 con nubecillas. | 10 muestras presentan nubecillas. | 10 muestras presentan nubecillas. | El 20% de las muestras presentan pocas nubecillas y el 80% presenta nubecillas. |
| Sinapsis Vertical | La integración del cromatograma está afectada en la zona central | La zona de mayor atención es la central, es decir generar condiciones para aireación | Todas las zonas presentan un equilibrio favorable, que define la calidad de los suelos | |

Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) manifiestan que para que un suelo sea bueno debe presentar un color cremoso en la zona central del cromatograma, lo cual nos indica un buen manejo de maquinaria agrícola, de los análisis realizados en los diferentes ramales del sistema de riego Canal Central Toacaso, se determina que solamente el 33% de las muestras corresponden a las características de buena calidad de los suelos, el restante 67 % su color es café que nos indica que estos suelos tienen problemas de aireación e inicios de compactación, lo cual atenta a los rendimientos de los cultivos.

En la zona interna para que un suelo sea bueno Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) manifiestan que debe tener presencia de minerales integrados con la materia orgánica y además un color café claro/oscuero con la presencia de caminos (plumas), lo cual nos indica que éste tipo de suelos tiene una disponibilidad de minerales susceptibles de asimilación por las plantas, y que además, los caminos en forma de plumas nos indica una interacción entre la zona mineral y la zona de materia orgánica, en los análisis realizados el 100% de las muestras corresponden a estas características, por lo que asumimos que estos suelos tienen los suficientes minerales disponibles para las plantas, lo que asegura la calidad de los cultivos.

En la zona intermedia para que un suelo sea bueno Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) manifiestan que debe presentar un ensamblaje a manera de dientes, lo que indica alta actividad biológica y transformación de la materia orgánica, de los casos estudiados determinamos que el 57% responden a estas características, lo que nos indica que existe materia orgánica asimilable por las plantas, que no tiene bloqueo alguno; mientras que el 43% tienen formas adversas y en consecuencia altos niveles de bloqueo de la materia orgánica.

En la zona externa para que un suelo sea bueno y con gran actividad microbiológica Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011) manifiestan que debe tener bordes irregulares con nubecillas, para los casos de estudio el 80% corresponde a estas características, lo cual determina actividad microbiológica en la descomposición de la materia orgánica, luego de la descomposición quedará a disposición de las plantas; mientras que el 20% tiene escasas nubecillas que nos indica insuficiente actividad microbiológica en la descomposición de la materia orgánica, lo cual explica los problemas en la producción local.

En los ramales de Cuicuno y El pueblo, presenta su mayor problema en la compactación del suelo ocasionado posiblemente por el uso de maquinaria pesada en las labores agrícolas, en la mitad de las muestras de estos ramales se observa formas lejanas a las recomendadas por lo que se asume que no existe suficiente actividad biológica lo cual hace que se demore en descomponerse la poca materia orgánica existente.

El ramal La Calera es el que mejor se ha comportado en los análisis realizados ya que las zonas de la mayor cantidad de los cromatogramas están muy cercanas a lo recomendado por Restrepo-Rivera & Pinheiro, (2011).

Resultados del Análisis Químico

MC-LASPA-2201-01

| | | |
|---|--|---|
|  | INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec |  |
|---|--|---|

INFORME DE ENSAYO No: 22-0012

NOMBRE DEL CLIENTE: Fundación Central Ecuatoriana Servicios Agrícolas
PETICIONARIO: Fundación Central Ecuatoriana Servicios Agrícolas
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Fundación Central Ecuatoriana Servicios Agrícolas
DIRECCIÓN: Av. De los Shyrís 30-16s/n Riobamba

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 07/01/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 8:18
FECHA DE ANÁLISIS: 10/01/2022
FECHA DE EMISIÓN: 14/01/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: S4

| Análisis | Unidad | pH | N | | P | | S | | B | | K | | Ca | | Mg | | Zn | | Cu | | Fe | | Mn | | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K | Bases * | MO | CO.* | Textura (%) | | | | IDENTIFICACIÓN |
|----------|--------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|---|-----|---|-----|---|-------|------|----------|---------|----|-------|-------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| | | | ppm | M | ppm | A | ppm | B | ppm | A | ppm | B | ppm | A | ppm | B | ppm | A | ppm | A | ppm | A | ppm | A | ppm | M | meq/100g | % | % | Arena | Limo | Arcilla | Clase Textural | | |
| 22-0066 | | 7,45 | P N | 33 M | 47 A | 6,2 B | 3,71 A | 0,19 B | 6,64 A | 1,99 A | 9,1 A | 3,6 M | 109 A | 5,2 M | 3,34 | 10,71 | 46,51 | 8,82 | 2,67 | A | | | | | | | | | | | 69 | 25 | 6 | FRANCO ARENOSO | La Calera |
| 22-0067 | | 7,74 | L AI | 31 M | 45 A | 4,8 B | 3,30 A | 0,19 B | 5,95 A | 2,01 A | 11,7 A | 4,1 A | 111 A | 5,3 M | 2,96 | 10,64 | 42,12 | 8,15 | 1,74 | M | | | | | | | | | | | 67 | 27 | 6 | FRANCO ARENOSO | El Pueblo |
| 22-0068 | | 8,03 | Me AI | 31 M | 63 A | 5,2 B | 4,93 A | 0,55 A | 7,25 A | 2,42 A | 29,7 A | 5,6 A | 75 A | 5,6 M | 2,99 | 4,40 | 17,56 | 10,22 | 1,65 | M | | | | | | | | | | | 69 | 23 | 8 | FRANCO ARENOSO | Cuicuno |

| Análisis | Al+H* | Al* | Na * | C.E.* | N. Total* | * | K H2O* | P H2O* | Cl* | IDENTIFICACION |
|----------|----------|-----|------|-------|-----------|-----|--------|--------|-----|----------------|
| Unidad | meq/100g | | | dS/m | % | ppm | ppm | ppm | ppm | |
| | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES:

| METODOLOGIA USADA | |
|--------------------------|--------------------------------|
| pH = Suelo: Agua (1:2,5) | P K Ca Mg = Olsen Modificado |
| SB = Fosfato de Calcio | Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado |
| | B = Curcumina |

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

| INTERPRETACION | | |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| pH | | Elemento |
| Ac = Acido | N = Neutro | B = Bajo |
| LAc = Liger. Acido | LAI = Lige. Alcalino | M = Medio |
| PN = Prac. Neutro | AI = Alcalino | A = Alto |
| RC = Requieren Cal | | T = Tóxico (Boro) |

| ABREVIATURAS | |
|--------------|-------------------------|
| C.E. = | Conductividad Eléctrica |
| M.O. = | Materia Orgánica |

| METODOLOGIA USADA | |
|-------------------|-----------------------|
| C.E. = | Pasta Saturada |
| M.O. = | Dicromato de Potasion |
| Al+H = | Titrulación NaOH |

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



RESPONSABLE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Tabla 17 - Tabla de contraste de información de los análisis cuantitativos y cualitativos

| CONTRASTE DE INFORMACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------|--|--|---|
| RAMAL | INDICADOR | ANÁLISIS CUANTITATIVO | ANÁLISIS CUALITATIVO | | OBSERVACIÓN |
| | | | CROMATOGRAFÍA | DIAGNÓSTICO | |
| UICUNO | PH | Medianamente Alcalino (8,03) | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Materia orgánica | Media (1,65%) | Presenta contenido de materia orgánica | 80% aplica materia orgánica | VALIDA |
| | Textura | Franco Arenoso | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Uso de fertilizantes nitrogenados | Medio (31 ppm) | Color de la zona interna indica presencia de nitrógeno | 90% usa fertilizante nitrogenado (Urea) | VALIDA |
| | Microbiología | 1.225 colonias Colonias/gr | Alta presencia de microorganismos | aplica materia orgánica | VALIDA |
| | Uso de Glifosato | No aplica | Presencia de glifosato | 23% aplica glifosato | VALIDA EN ANÁLISIS CUALITATIVO |
| | Aireación | Textura Franco Arenoso | Coloración café de la zona central | No aplica | VALIDA EN ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CROMATOGRAFÍA |
| EL PUEBLO | PH | Ligeramente Alcalino (7,74) | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Materia orgánica | Media (1,74%) | Presenta contenido de materia orgánica | 90% aplica materia orgánica | VALIDA |
| | Textura | Franco Arenoso | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Uso de fertilizantes nitrogenados | Medio (31 ppm) | Color zona interna indica presencia de nitrógeno | 100% usa fertilizante nitrogenado (Urea) | VALIDA |
| | Microbiología | 1.208 colonias Colonias/gr | Alta presencia de microorganismos | Existe materia orgánica | VALIDA |
| | Uso de Glifosato | No aplica | Presencia de glifosato | 68% aplica glifosato | VALIDA EN ANÁLISIS CUALITATIVO |
| | Aireación | Textura Franco | Coloración café de la | No aplica | VALIDA EN ANÁLISIS |

| | | Arenoso | zona central | | CUANTITATIVO Y CROMATOGRAFÍA |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| LA CALERA | PH | Prácticamente Neutro (7,45) | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Materia orgánica | Media (2,67%) | Presenta contenido de materia orgánica | 70% aplica materia orgánica | VALIDA |
| | Textura | Franco Arenoso | No aplica | No aplica | VALOR DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO |
| | Uso de fertilizantes nitrogenados | Medio (33 ppm) | Color de la zona interna indica presencia de nitrógeno | 60% usa fertilizante nitrogenado (Urea) | VALIDA |
| | Microbiología | 1.162 colonias Colonias/gr | Alta presencia de microorganismos | Existe materia orgánica | VALIDA |
| | Uso de Glifosato | No aplica | Presencia de glifosato | 8% aplica glifosato | VALIDA EN ANÁLISIS CUALITATIVO |
| | Aireación | Textura Franco Arenoso | Coloración café de la zona central | No aplica | VALIDA EN ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CROMATOGRAFÍA |

De los resultados obtenidos en el análisis en laboratorio (cuantitativo) coinciden el 57.14% con los resultados obtenidos en el análisis cromatográfico (cualitativo), donde el 28% coinciden tanto cualitativa y cuantitativamente, mientras que el 14.28% únicamente coinciden entre la cromatografía y diagnóstico al productor.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)

Técnicos

Agrónomos y técnicos ligados a la producción agrícola y pecuaria serán capaces de interpretar los resultados de un cromatograma, previa una capacitación para saber que significa cada una de las zonas, su forma de ensamblaje, la interpretación de los colores y de la estructura misma del cromatograma en cuanto a la presencia de caminos y nubecillas.

Sociales

Si los agricultores logran contar con una buena capacitación del comportamiento de las diferentes zonas a los niveles de mayor o menor presencia de los insumos de la producción como es la materia orgánica, minerales y actividad biológica, fácilmente pueden identificar a los suelos por su calidad.

Ambientales

Un análisis cromatográfico permite la identificación de contaminación y presencia de agroquímicos como glifosato, sulfatos y abonos químicos nitrogenados, que muy rápidamente puede llevarnos a tomar decisiones en caso de que se opte por la producción agroecológica certificada.

Económicos

Un análisis cromatográfico de suelos cuesta el 50% en relación al análisis de laboratorio, a esto se suma la asistencia técnica que un agricultor necesita para realizar las correcciones en el terreno, en tanto que por tendencia de los cromatogramas el agricultor debidamente capacitado puede realizar sus propias enmiendas a sus suelos.

12. CONCLUSIONES

- Mediante la técnica de cromatografía se caracterizó el suelo agrícola del sistema de riego Canal Central Toacaso.
- El área regada por el sistema de riego Canal Central Toacaso tiene un suelo de textura franco arenoso, con presencia de minerales, un bajo contenido de materia orgánica, hay actividad biológica y con cultivos perennes.

- Se estableció que existe un 57.14% de similitud entre los indicadores cualitativos (cromatografía) y cuantitativos (INIAP).

13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda validar esta propuesta de caracterización en otros sistemas de producción.
- Para la validación de la presencia de microorganismos se recomienda hacerlo con un análisis microbiológico del suelo.
- Establecer una investigación sobre la estimación de costos de implementación de esta metodología.
- Transferir esta tecnología a pequeños y medianos productores.
- Difundir a los usuarios del sistema de Riego Canal Central Toacaso los resultados de esta investigación conjuntamente con los obtenidos de Obando, (2021).

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arguello, H. (1991). La descomposición de la materia orgánica y su relación con algunos factores climáticos y microclimáticos. *Agronomía Colombiana*, 8(2), 384–388.
- Arias, A., & Montenegro, A. (1996). Aplicación de la colorimetría en la determinación del contenido de la materia orgánica de los suelos. *Acta Agronómica*, 16, 169–196.
- Bautista, A., Etchevers, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*, 13(2), 90–97.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Cartes, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas y el SIRSD - S. *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*, 1–6. www.odepa.gob.cl
- Castillo, B., Ruiz, J., Manrique, M., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Repositorio Institucional - UNAH*.
- Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas. (2021). *Repato y Distribución a Nivel Modular*.
- Domínguez, J., Román, A., Prieto, F., & Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de*

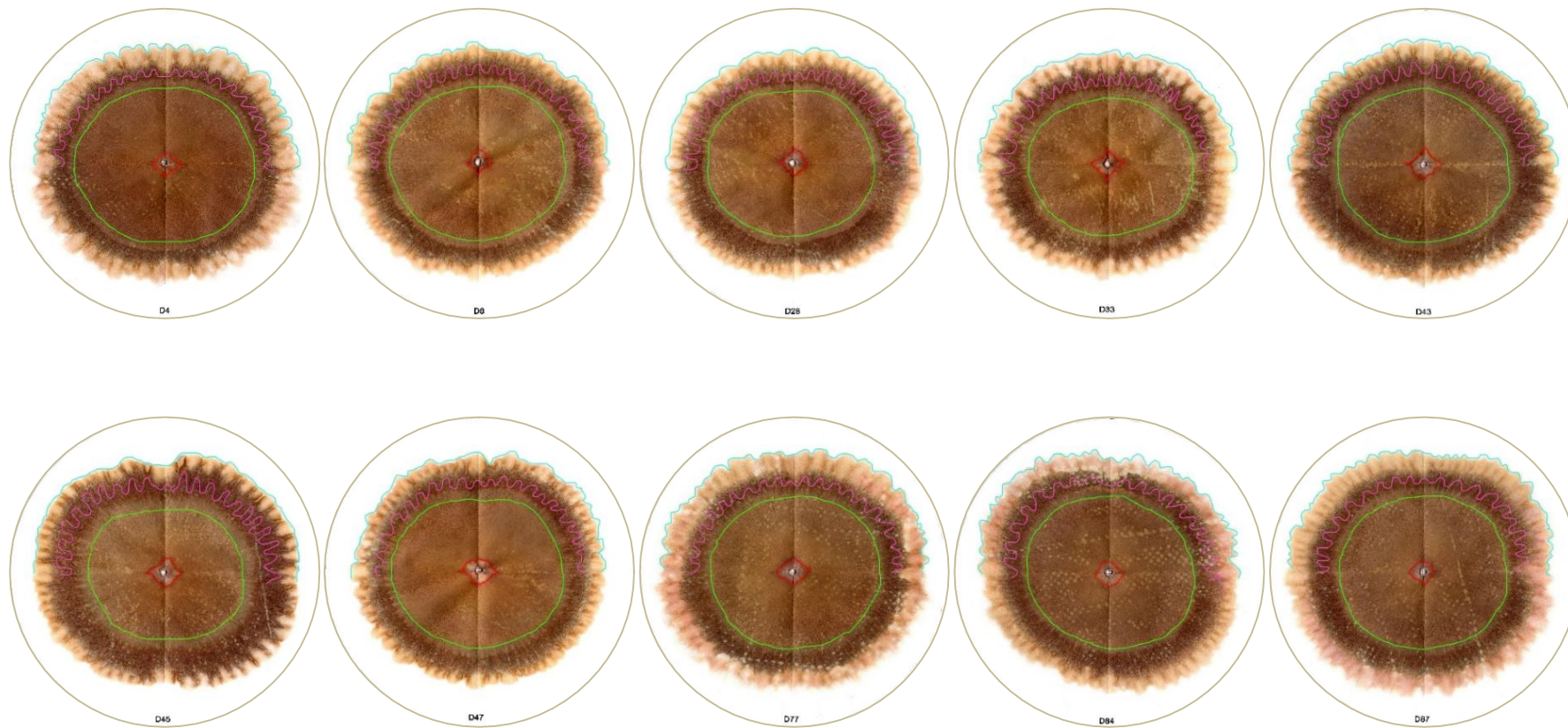
- Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141–155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489>
- Encina, A., & Ibarra, J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarrollo*, 14(25), 4–9.
- Espinoza, L., Slaton, N., & Mozaffari, M. (2012). Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos Agricultura y Recursos Naturales. *División of Agriculture Research and Extension*, 1–4. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2U_T-U_ZDn0J:https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r125593.PDF+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- Estrada, I., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J., Navarro, H., & Etchevers, J. (2017). Soil quality indicators to evaluate soil fertility. *Agrociencia*, 51(8), 813–831.
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125–137.
- Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial Rural De Toacaso. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Toacaso*.
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1–5. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- INIA. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó 20 de mayo de 2015. *Inia*, 19. <http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/El Suelo 20 de mayo.pdf>
- Izquierdo, J. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos de la parroquia San Joaquín. *Universidad Politécnica Salesiana*, 67. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>

- López, E., & Fernández, F. (1988). Determinación Colorimétrica. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 22–33. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/43700_2.pdf
- Medina, T., Arroyo, G., & Peña, V. (2018). Cromatografía de Pfaiffer 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>
- Ministerio de Agricultura - Ganadería - Acuacultura y Pesca. (2017). *Implementación del Sistema de Riego Tecnificado a Nivel Parcelario Para Canal Central Toacazo*.
- Ministerio del Ambiente. (2018). Sinergias entre degradación de la Tierra y cambio climático en los paisajes agrarios del Ecuador. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador*, 88, 5–88. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57189.pdf>
- Obando, K. (2021). *Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el área de influencia del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi*.
- Osorio, N. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. *Materia Orgánica Biología Del Suelo y Productividad Agrícola: Segundo Seminario Regional Comité Regional Eje Cafetero*, 43–71. https://doi.org/10.38141/10791/0003_3
- Pérez, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29). <https://doi.org/10.15517/isucr.v14i29.13496>
- Ramírez, M. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Rev. Enferm. Vanguard*, 6(2), 40–47. <https://revistas.unica.edu.pe/index.php/vanguardia/article/view/210/278>
- Restrepo-Rivera, J., & Pinheiro, S. (2011). *Cromatografía imágenes de la vida y de la destrucción del suelo*.
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. *INTA Costa Rica*, 18.

Zabaloy, M. C. (2021). One Health: soil health and its link with human health. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4), 275–276. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.11.001>

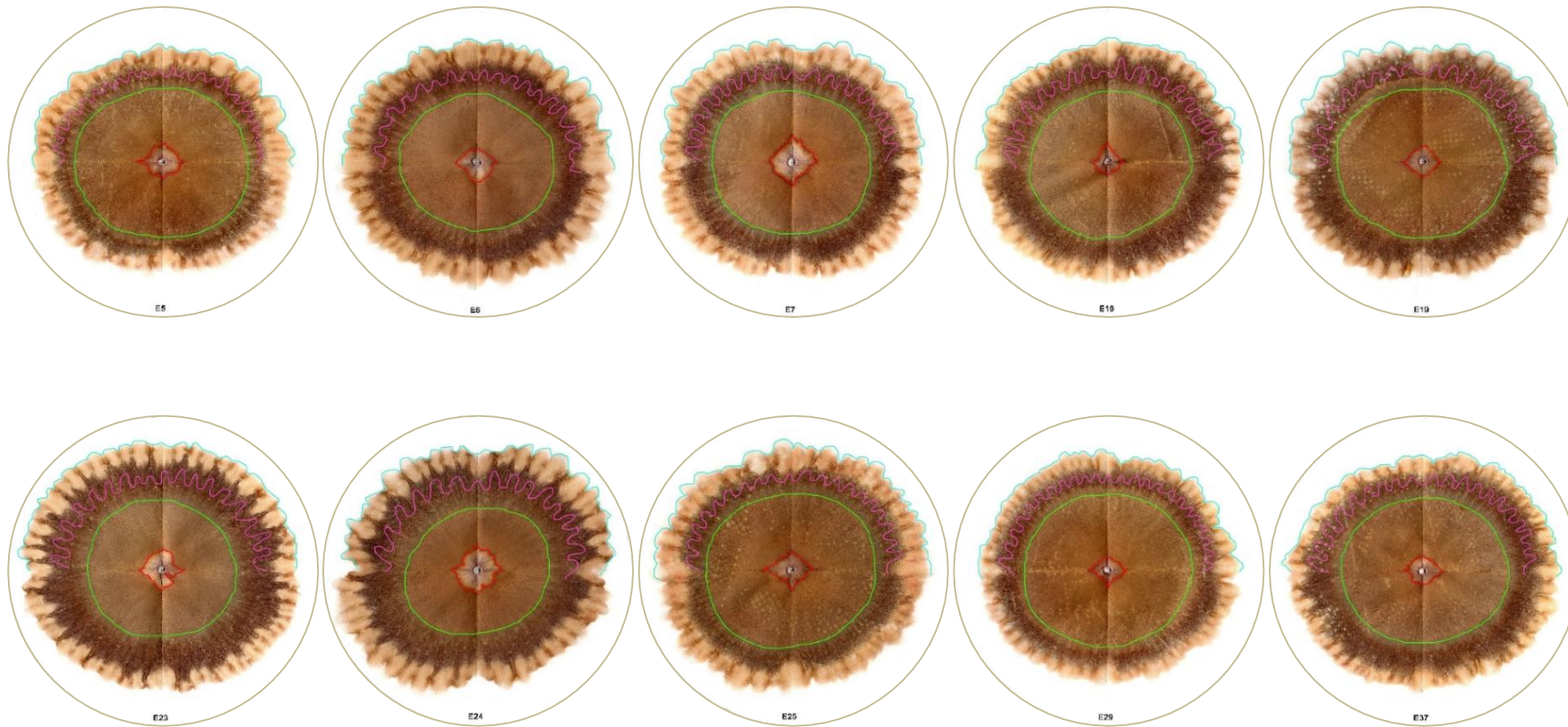
15. ANEXOS

Ilustración 5 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal Cuicuno



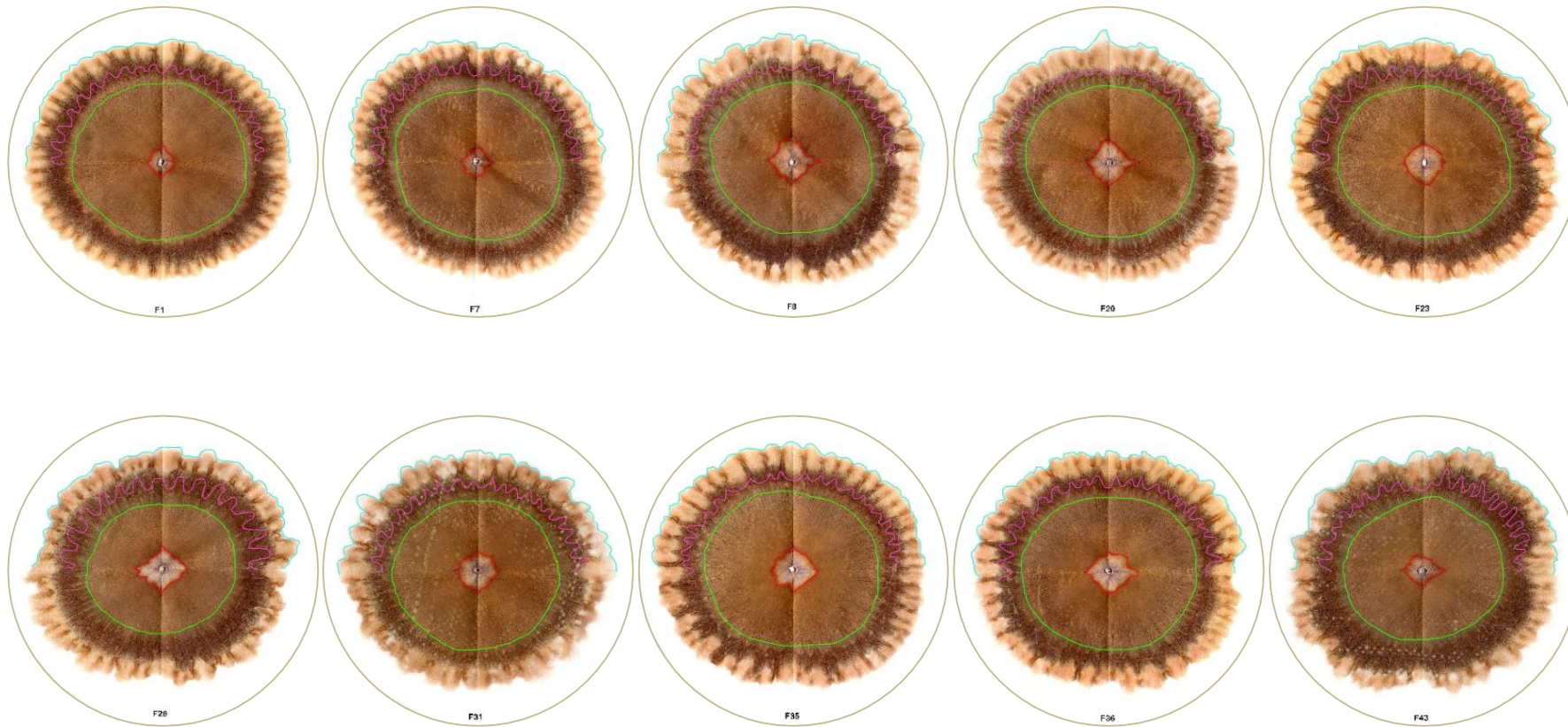
Fuente: (Herrera, 2022)

Ilustración 6 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal El Pueblo



Fuente: (Herrera, 2022)

Ilustración 7 Resultado de la cromatografía de 10 muestras pertenecientes al Ramal La Calera



Fuente: (Herrera, 2022)

Anexo No. 1. Modelo de encuesta al productor



Carrera de
Agronomía

ENCUESTA DE LABORES CULTURALES

Nombre: **Coordenadas:**
Ramal: **X:** **Y:**.....
Cultivo: **Altitud:**

¿Cuántas veces al año usted usa maquinaria agrícola?

- Nunca
- Una vez al año
- 2 a 3 veces por año
- Más de cuatro veces por año

¿Cuántas veces al año aplica fertilizante químico (UREA, Nitratos, Fosfatos)

- Nunca
- Una vez al año
- 2 a 3 veces por año
- Más de cuatro veces por año

¿Qué tipo de Materia Orgánica usa?

- Gallinaza
- Abono de Cuy
- Abono de Vaca
- Composta

¿Cuántas veces al año aplica Materia Orgánica?

- Nunca
- Una vez al año
- 2 a 3 veces por año
- Más de cuatro veces por año

Aplicado usted lo siguiente:

- Herbicida (Glifosato, Ranger)
- Insecticida
- Fungicida
- Otros

¿Cuántas veces al año fumiga para controlar algún tipo de plaga?

- Nunca
- Una vez al año
- 2 a 3 veces por año
- Más de cuatro veces por año

Fuente: (Herrera, 2022)

Anexo No. 2. Aval del Traductor



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA EN PAPEL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA DE AGUA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO, CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Herrera Toapanta Luis Miguel**, estudiante de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 29 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

Anexo No. 3. Fotografías

Muestreo del Suelo



Obtención de Muestras Compuestas



Obtención de sub muestras



Diagnóstico al Productor



Muestras compuestas para el INIAP



Pesaje de muestras para el INIAP



Etiquetado de muestras para el INIAP



Secado de Muestras



Tamizado de Muestras



Muestras Tamizadas



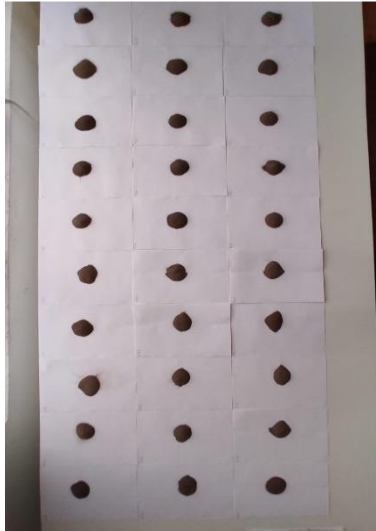
Pesaje de muestras



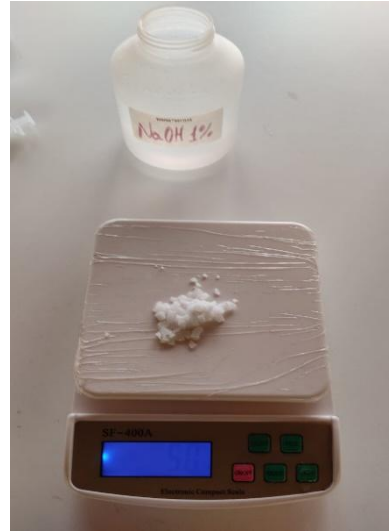
Molienda de Muestras



Muestras Molidas



Pesaje del Hidróxido de Sodio



Preparación del Hidróxido de sodio al 1%

Llenado de las Matracas de Erlenmeyer con NaOH



Matraces de Erlenmeyer con NaOH y Muestras de Suelo



Preparación de la Solución de Suelo



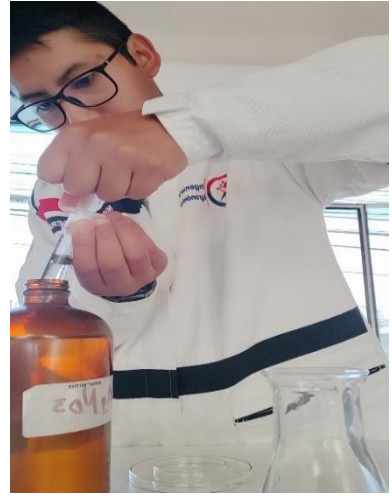
Soluciones de Suelo en Reposo



Preparación del papel filtro con pabilos



Nitrato de Plata para colocar en las cajas Petri

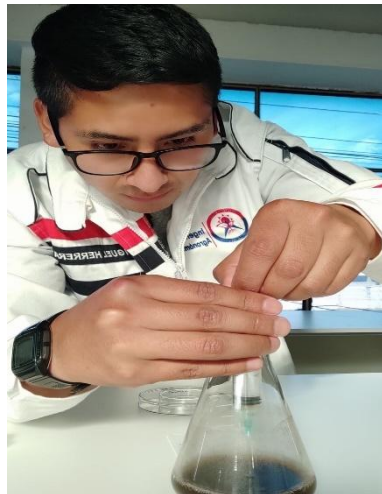


Colocado del AgNO_3 en las Cajas Petri



Impregnación del Nitrato de Plata en el papel Filtro

Extracción y vertido de la solución de suelo en las cajas Petri



Corrido de las Muestras de Suelo



Cromatogramas Revelados

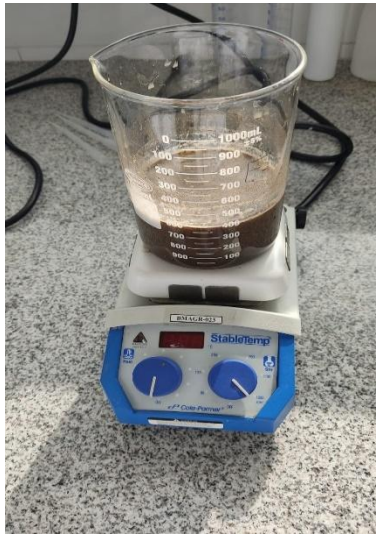


Preparación del Agar Nutritivo (PDA) para la simbra de Microorganismos



Preparación de Solución de Suelo para Microbiota Total

Muestras seriadas a (-6) para Cultivo en cajas Petri



Siembra de Microorganismos

Conteo de Colonias



Presencia de Colonias de Microorganismos

