

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Evaluación de la eficiencia de la técnica de cromatografía de papel como herramienta para el diagnóstico *in situ* del nitrógeno (Urea) presente en el suelo y su correlación con los resultados de análisis químicos


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

Autor:

Daniela Cristina Chimbo Sacoto

Director:

Jorge Alejandro García Zumalacarregi

ORCID:  0000-0002-0130-1230

Cuenca, Ecuador

2023-05-08

Resumen

La cromatografía es un método físico de separación de mezclas complejas, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Existen diferentes técnicas de cromatografía; sin embargo, para la realización de este trabajo de investigación se tomó en cuenta la cromatografía plana, la cual se basa en una fase estacionaria que se sitúa sobre un papel. Para aplicar un análisis cromatográfico de papel en suelos es necesario seguir un proceso metodológico disciplinado en cual consta de varias etapas tanto a nivel de campo como de laboratorio. La investigación constó de seis tratamientos incluido el control, cada tratamiento con cinco repeticiones; las repeticiones estaban constituidas por macetas plásticas obteniendo un total de treinta macetas plásticas con suelo para los respectivos análisis tanto cromatográficos como químicos. Además, cabe mencionar que se aplicaron cinco diferentes dosis de urea que van desde los cinco hasta los veinte y cinco gramos por metro cuadrado y por maceta ($25 \text{ g m}^{-2} \text{ unit}^{-1}$). Los resultados obtenidos sugieren que la cromatografía en papel en suelos podría ser una herramienta de diagnóstico rápida, efectiva, de fácil manejo y de un bajo costo a comparación con los análisis químicos realizados en los laboratorios comerciales, lo cual permite ser realizada por campesinos, técnicos o estudiantes. Valores de r^2 0.83 para el tratamiento con control y r^2 de 0.61 en el tratamiento sin control, indican una fuerte correlación entre los resultados de la cromatografía con la concentración de nitrógeno (Urea) determinado por los análisis químicos de suelos.

Palabras clave: cromatografía de papel, urea, análisis químicos de suelo, nitrógeno

Abstract

Chromatography is a physical method of separating complex mixtures, the purpose of which is to separate the different components of a mixture to identify and determine the quantities of said components. There are different chromatography techniques; however, for this research work flat chromatography was considered, which is based on a stationary phase that is located on a paper. To apply a chromatographic analysis of paper in soils it is necessary to follow a disciplined methodological process in which it consists of several stages at the field and laboratory level. The research consisted of six treatments including the control, each treatment with five replicates; the repetitions were constituted by plastic pots obtaining a total of thirty plastic pots with soil for the respective chromatographic and chemical analyses. In addition, five different doses of urea were applied, ranging from five to twenty-five grams per square meter per pot ($25 \text{ g m}^{-2} \text{ unit}^{-1}$). The results suggest that paper chromatography in soils could be a rapid, effective, easy-to-use and low-cost diagnostic tool compared to chemical analyses performed in commercial laboratories, which allows it to be done by peasants, technicians or students. Values of r^2 0.83 for the treatment with control and r^2 of 0.61 in the treatment without control, indicate a strong correlation between the results of the chromatography with the concentration of nitrogen (Urea) determined by chemical soil analysis.

Keywords: paper chromatography, urea, chemical soil analysis, nitrogen

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	10
II. Objetivos	13
2.1 Objetivo general	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
III. Revisión bibliográfica	14
3.1 La cromatografía	14
3.1.1 Análisis cromatográfico	14
3.1.2 Zonas que integran el cromatograma	14
3.1.3 Coloración de los cromatogramas.....	15
3.1.4 Evolución radial de los cromatogramas	16
3.1.5 Terminación de los dientes de un cromatograma	17
3.2 La urea como fertilizante nitrogenado	17
3.2.1 Importancia y consumo de la urea en el Ecuador	17
3.4 Análisis químicos de suelos	18
3.4.1 Criterios e instrucciones para tomar muestras de suelos.....	18
3.4.2 Determinación de nitrógeno total por el método Kjeldahl.....	19
IV. Materiales y métodos	20
4.1 Área de estudio	20
4.2 Materiales y equipos	20

4.3 Metodología	21
4.3.1 Metodología del primer objetivo específico	21
4.3.2 Metodología del segundo objetivo específico	26
4.3.3. Metodología del tercer objetivo específico	27
4.4 Diseño experimental	28
V. Resultados y discusión	29
Conclusiones	40
Referencias	42
Anexos	45

Índice de figuras

Figura 1. Zonas de un cromatograma de papel	15
Figura 2. Evolución radial de los análisis cromatográficos de suelos.....	16
Figura 3. Terminación de los dientes de un cromatograma.....	17
Figura 4. Ubicación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias	20
Figura 5. Proceso del cromatograma de papel	23
Figura 6. Proceso de la preparación de las soluciones	24
Figura 7. Impregnación de las soluciones	25
Figura 8. Proceso de secado y revelado de cada una de las muestras	25
Figura 9. Porcentaje de Nitrógeno con tratamiento control.....	30
Figura 10. Radio promedio de la zona cromatográfica mineral	31
Figura 11. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel.....	32
Figura 12. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel con control.....	32
Figura 13. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel sin control.....	33
Figura 14. Resultados cromatográficos obtenidos de cada tratamiento.....	35

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación	21
Tabla 2. Descripción de los tratamientos y dosis implementados	22
Tabla 3. Correlación química y cromatográfica obtenidos.	29
Tabla 4. Datos representativos de los modelos obtenidos	33
Tabla 5. Coloración cromatográfica obtenida por cada tratamiento	34
Tabla 6. Porcentajes de Nitrógeno obtenidos en diferentes laboratorios	38

Dedicatoria

Este trabajo de titulación va dedicado a mis padres Jorge Chimbo y Sonnia Sacoto, que siempre me han apoyado de manera incondicional y que con su amor, paciencia y esfuerzo he logrado a cumplir una meta más en mi vida. A toda mi familia por siempre estar pendiente de mí. A mi familia, docentes y amigos que siempre han estado pendientes de mí y siendo un gran impulso en la toma de decisiones y que han contribuido en mi crecimiento y vida profesional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por ser siempre mi guía y brindarme sabiduría y perseverancia para alcanzar mis metas propuestas día a día. A mis padres, por su apoyo, sacrificio y paciencia durante todo este trayecto; de igual forma quiero agradecer a todos los docentes que me han motivado y brindado sus conocimientos que me ha permitido culminar este trabajo.

Introducción

El Ecuador se distingue por la gran variedad y riqueza de sus recursos naturales, en el que se puede destacar la disposición de sus suelos, pues aquellos poseen un desarrollo agrícola elevado, y una gran variación de climas en distancias cercanas (Mora, 2021). En ese sentido, se conoce que el suelo es de vital importancia tanto para la vida de todos los seres vivos como para la agricultura, ya que, es contemplado como el medio por el cual un sin número de alimentos se desarrollan (Arana, 2018; Obando, 2021).

Los suelos constituyen colectivos vivos que constantemente se ven afectados por acciones antrópicas siendo la erosión el motivo principal de su devastación, además, otro aspecto importante a tener presente lo constituye la calidad estos, los cuales se ven afectados por distintos factores como las lluvias, viento, excedentes de nitrógeno, fósforo, potasio entre otros (Medina et al., 2018). Debido a esto, en los últimos años, se han construido múltiples indicadores de calidad en el ámbito de las ciencias del suelo como respuesta al daño causado, más aún, por el estilo de agricultura actual y predominante, que ha ido minimizando los agroecosistemas y contaminando con el empleo excesivo de pesticidas; y en efecto, la gran parte de suelos cultivables, hoy en día, se encuentran en un proceso de degradación continuo (Miranda et al., 2018).

De esa manera, los trabajos cuyos cimientos son la investigación y diagnóstico de la calidad de los suelos, a escalas prolijas, posibilitan realizar operaciones para minimizar los efectos desfavorables de los mismos, por medio del diagnóstico de factores limitativos (Balmaseda et al., 2021).

Según García et al., (2020), para que los agricultores realicen trabajos que beneficien y potencialicen la calidad de los suelos, es fundamental como también esencial, conocer las condiciones del suelo para conseguir mejorar los cultivos y sacar beneficios de estos. No obstante, esto no es una práctica normal dentro de las actividades diarias que realizan los agricultores, dado que, los análisis de suelos se hacen normalmente en laboratorios comerciales (Hernández et al., 2021).

Independientemente de las acciones que desarrollan los agricultores para conocer las condiciones del suelo a ser utilizado el proceso de análisis de laboratorio es lento y caro, debido a que las metodologías aplicadas requieren de equipo y mano de obra especializados (Hernández et al., 2021). Esta realidad, provoca una incansable búsqueda de alternativas de solución con efectos satisfactorios, a costos considerables para el productor y que sean asequibles en el menor tiempo posible. En nuestro país; una de las alternativas a

implementarse constituye el método de la cromatografía de papel, esta técnica proporciona un diagnóstico completo de la salud del suelo debido a la interacción entre los diferentes elementos que pueden estar presentes en la muestra (Graciano et al., 2020).

La cromatografía de papel como una técnica de análisis de suelos de bajo costo y tiempo se encuentra en crecimiento, sin embargo, se reconoce la necesidad de profundizar en las características de cada zona, correlacionar resultados y procedimientos con métodos cuantitativos que permitan mejor interpretación de los cromatogramas (Hernández et al., 2021). Interesa, por tanto, disponer de un método riguroso, rápido y sensible, capaz de detectar la presencia o ausencia de macro y micronutrientes en los extractos de suelos, particularmente de aquellos elementos que con más frecuencia influyen de manera positiva o negativa en el desarrollo vegetal (Carballas et al., 1996). La mencionada técnica presenta un fundamento teórico práctico, como es comentado por Medina et al., (2018), donde consiste en impregnar un papel de filtro con una solución de nitrato de plata y en una solución de hidróxido de sodio al 1% que se asocia con una muestra de suelo, posibilitando apreciar particularidades de los suelos y diagnosticar de forma cualitativa su calidad.

Kokornaczyk et al., (2017), correlacionaron la cromatografía de papel con variables químicas del suelo en diferentes sistemas de manejo. Los autores anteriormente citados encontraron una correlación positiva entre los niveles de materia orgánica y las formaciones radiales; estas formaciones estaban asociadas con las características positivas de los suelos como alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo totales; de la misma manera en el análisis desarrollado, se planteó que las formaciones radiales y los colores intensos indican un suelo de buena calidad, mientras que los patrones concéntricos y los colores borrosos indican baja fertilidad.

Existen otros estudios experimentales que informan sobre la aplicabilidad de la cromatografía de papel en el análisis de calidad de suelos en particular, Khemani et al., (2008), informaron sobre el desarrollo y posible uso de una gran base de datos computarizada que vincula las características del patrón de cromatografías de papel; por ejemplo, zonas internas, medias y externas, picos y color, con la composición química de la muestra de suelo; partiendo del supuesto de que las muestras producen patrones similares de cromatografías de papel y que las mismas poseen una composición similar, se cree que el software muestra la composición del suelo correspondiente al comparar el patrón de la muestra que se analizará con los patrones disponibles en la base de datos.

La cromatografía de papel, como herramienta y técnica indicadora de componentes minerales, orgánicos y proteicos para análisis de suelos ya ha sido evaluada en condiciones experimentales, sin embargo, este método cromatográfico es desconocido para agricultores y especialistas; y no se difunde en las universidades (Graciano et al., 2020).

De esta forma, el presente estudio tiene como finalidad evidenciar y analizar *in situ* por medio de la técnica de la cromatografía de papel la presencia del principal macronutriente que se encuentran en el suelo (Nitrógeno) y a su vez corroborar la información a partir de análisis químicos y otros aspectos que permitirán una adecuada toma de decisión por agricultores y profesionales del sector agrícola.

I.Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la técnica de cromatografía de papel como herramienta para el diagnóstico *in situ* del nitrógeno (Urea) presente en el suelo y su correlación con los resultados de análisis químicos.

2.2 Objetivos específicos

Para la ejecución de las actividades de investigación y desarrollo del presente estudio y con la finalidad de cumplir con el objetivo general propuesto se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y analizar la presencia del nitrógeno (Urea) en el suelo a partir de la técnica de la cromatografía de papel.
- Determinar el porcentaje de nitrógeno (Urea) presente en el cromatograma a través de análisis químicos de suelos.
- Establecer la correlación entre los resultados de la cromatografía con la concentración de nitrógeno (Urea) determinado por los análisis químicos de suelos.

II.Revisión bibliográfica

3.1 La cromatografía

3.1.1 Análisis cromatográfico

El botánico ruso Mikhail Tswett empleó por primera vez el término de “cromatografía” en el año de 1906, que a su vez proviene del griego chroma y graphos que significan “color” y “escribir” respectivamente (Restrepo & Pinheiro, 2011). De igual forma los mismos autores definen a la cromatografía como un método físico de separación de mezclas complejas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes presentes en una mezcla con el fin de identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.

Según Restrepo & Pinheiro (2011) existen diferentes técnicas de cromatografía, las cuales están conformadas por la cromatografía plana y la cromatografía en columnas; dentro de la cromatografía plana existen la cromatografía de papel y la cromatografía en capas finas, mientras que la cromatografía en columna existe la cromatografía de líquidos, la cromatografía de gases y la cromatografía de fluidos supercríticos(Restrepo & Pinheiro, 2011).

3.1.2 Zonas que integran el cromatograma

Los cromatogramas, para su identificación y análisis pueden ser divididos en varias zonas, según Restrepo & Pinheiro (2011) las mismas pueden ser clasificadas en: zona central, zona interna, zona intermedia, zona externa y zona periférica.

La zona central, llamada también zona de aireación u oxigenación, es donde reacciona el nitrato de plata con los elementos presentes en la muestra. Esta zona generalmente no se manifiesta debido a la destrucción del suelo, la aplicación de venenos y la exposición directa al sol; es decir, el suelo que tenga estas características se encuentra totalmente compactado, sin estructura y sin materia orgánica, como se puede observar en la Figura 1.

La zona interna denominada también como zona mineral, debido a que en ella se concentra la mayoría de las reacciones con los minerales, precisamente en esta zona quedan expuestas las sustancias o elementos químicos más pesados luego de la reacción con el nitrato de plata (ver Figura 1) (Restrepo & Pinheiro,2011).

La zona intermedia, denominada también zona proteica; constituye la zona en donde se presenta en mayor intensidad la materia orgánica. Sin embargo, la presencia de la materia orgánica no significa necesariamente que se encuentre totalmente integrada al suelo ni biológicamente activa en él (ver Figura 1).

Posteriormente, se ubica la zona externa llamada también zona enzimática o nutricional. Se establece a partir de la presencia de “nubecillas”, las cuales indican abundancia y variedad nutricional disponible. En esta zona con análisis de laboratorio más sofisticados es posible identificar vitaminas, hormonas y otros compuestos simples y complejos (ver Figura 1).

Finalmente, en la clasificación expuesta por Restrepo & Pinheiro (2011) se sitúa la zona periférica, comúnmente denominada también como zona de identificación y manipulación. Es la zona del papel a la que no ha llegado la solución y permite ver el cromatograma, además sirve para realizar anotaciones que identifiquen el croma y para manipularlo evitando interferencias en la imagen que se forma (ver Figura 1).

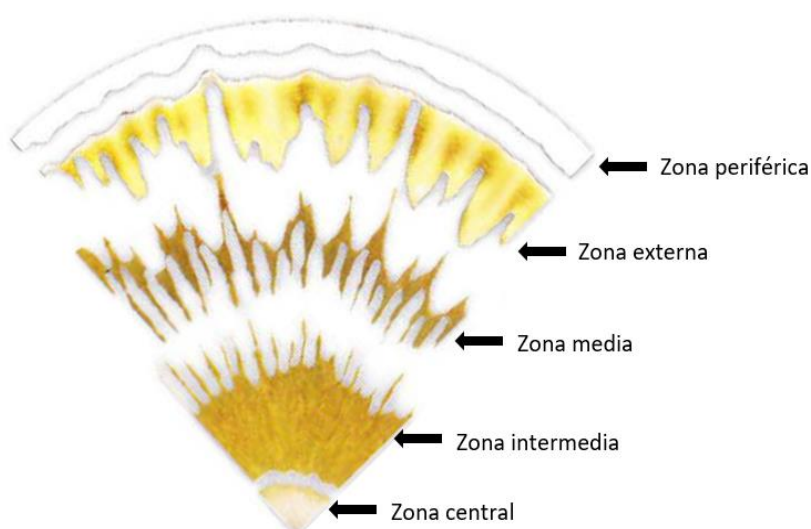


Figura 1. Zonas de un cromatograma de papel

Fuente: Restrepo & Pinheiro, (2011)

3.1.3 Coloración de los cromatogramas

La coloración de los cromatogramas es un factor importante, ya que reflejan el estado evolutivo, saludable y no saludable de los suelos; los colores que presentan un suelo sano son: amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro y tonalidades verdosas; mientras que los colores que presentan suelos destruidos, no saludables y abonos de mala calidad son: cenizo, negro, pardo muy oscuro, lilas o violetas, gris y/o totalmente azulado (Restrepo & Pinheiro, 2011).

En estudios de calidad y composición de suelos es común plantear que un suelo se encuentra altamente mineralizado y destruido cuando presenta una coloración pardo negruzco en la zona interna, esto es debido a la ausencia de materia orgánica y poca actividad

microbiológica, mientras que, un suelo con buena estructura, con actividad dinámica de microorganismos y presencia de materia orgánica, dará un color cremoso y se logrará visualizar con armonía hasta el final del croma (Cercado, 2021).

3.1.4 Evolución radial de los cromatogramas

En los cromatogramas de papel pueden existir o no unas formaciones radiales llamadas también plumas, las cuales son caminos que nacen desde la zona central y se dirige hasta la zona externa (Restrepo & Pinheiro, 2011). Como se puede apreciar en la Figura 2 existe una evolución radial no deseada del 1-6, donde emergen en forma muy recta, no forman caminos sinuosos y son carentes de actividad biológica por el manejo industrializado; en contraparte del 7-12, se presenta caminos sinuosos que surgen de la zona central y cruzan por todo el papel hasta la zona externa o enzimática (Restrepo & Pinheiro, 2011).

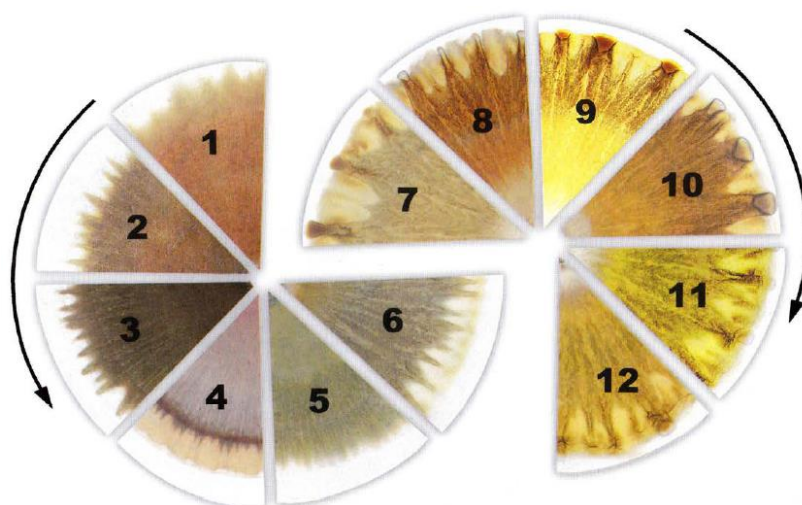


Figura 2. Evolución radial de los análisis cromatográficos de suelos

Fuente: Restrepo & Pinheiro, (2011)

La coloración de los cromas permite observar la radiación que estos presentan, teniendo en cuenta que las líneas rectas que parten desde la zona central presentan múltiples ramificaciones de diversos tamaños; la presencia de estas ramificaciones es signo de suelos con una buena calidad estructural o presenta una actividad microbiológica estimulada por la incorporación de materia orgánica (Cercado, 2021). El mismo autor menciona que la ausencia de estas ramificaciones es señal que el suelo está siendo destruido, no posee estructura, está compactado y posee un uso excesivo de agroquímicos.

3.1.5 Terminación de los dientes de un cromatograma

Las características de la terminación de los dientes de un cromatograma son seis; las cuales nos revelan información indispensable dependiendo de sus formas. Generalmente en suelos ideales las terminaciones poseen formas de explosión y lunares enzimáticos (1); sin embargo, dentro de las terminaciones no ideales tenemos en forma plana, circular y sin bordes (2), en forma de dientes de caballo (3), en forma de dientes puntiagudos (4), en forma de agujas irregulares (5) y en forma de granos de maíz (6) tal como se puede apreciar en la Figura 3 (Restrepo & Pinheiro, 2011).

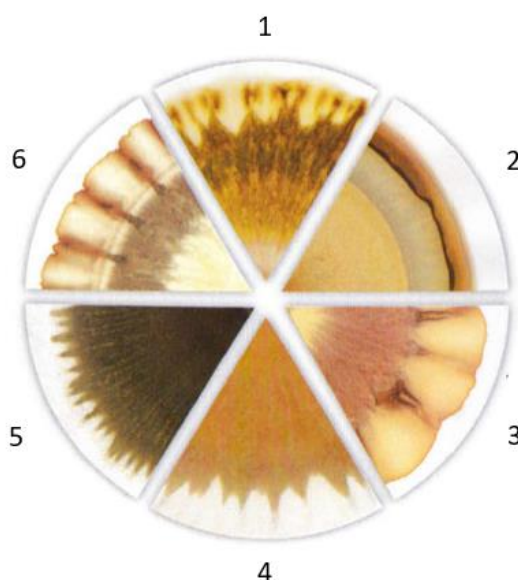


Figura 3. Terminación de los dientes de un cromatograma

Fuente: Restrepo & Pinheiro, (2011)

3.2 La urea como fertilizante nitrogenado

3.2.1 Importancia y consumo de la urea en el Ecuador

La urea es el fertilizante nitrogenado de mayor demanda a nivel mundial, especialmente en países desarrollados; las ventajas de este fertilizante se basan en poseer un mayor contenido de nitrógeno que se pueda incorporar al suelo previo a la siembra y debido al ser un fertilizante de reacción ácida se puede utilizar tanto en suelos neutros como alcalinos (Morales et al., 2019). Además, cabe mencionar que de acuerdo con el esquema de ubicación geográfica de los suelos del Ecuador por efecto de la intemperización de las arcillas, debería tener solamente suelos rojos y ácidos como los suelos de los Llanos Orientales de Venezuela y Colombia o como los suelos predominantes en la selva Amazónica; sin embargo, en el Ecuador existe una diversidad de suelos como consecuencia de la edad de formación y la

presencia de diferentes materiales de origen que, en cierta medida, son independientes de las tres regiones naturales del territorio continental: Costa, Sierra y Oriente (Espinosa et al., 2022). Por otra parte, el Ecuador es eminentemente dependiente de la importación de fertilizantes por su carencia de materia prima y por la inexistente infraestructura necesaria para su producción. Para poder suplir la demanda interna de macronutrientes; y su vez esta dependencia externa de fertilizantes hace que el Ecuador sea un país vulnerable a los impactos económicos o geopolíticos que sufren los mercados internacionales, afectando directamente los precios del mercado local (Llive, 2016). Existen algunas alternativas para incorporar nitrógeno al suelo entre ellas principalmente tenemos los estiércoles; estos dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y que poseen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovinicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros (Garro, 2016).

3.4 Análisis químicos de suelos

3.4.1 Criterios e instrucciones para tomar muestras de suelos

Las muestras de suelos subyacen como uno de los niveles críticos dentro del procedimiento de la evaluación de la fertilidad, de modo que, se considera rigurosidad y contemplar aspectos biofísicos, como son: la zona, cultivo, peculiaridades del sitio y el nivel de la finca; este procedimiento amerita destacar en la planeación, toma de muestra, custodia y la incorporación al laboratorio de suelos (Mendoza & Espinoza, 2017).

La examinación rutinaria en laboratorio de suelos asocia el establecimiento de la textura, reacción del suelo, densidad aparente (da), materia orgánica (MO) y macronutrientes nitrógeno (N) (%), fosforo (P) (ppm), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) manifestados en meq /100 g. La examinación particular incorpora a los micronutrientes manganeso, zinc, cobre, hierro manifestado en ppm, destreza de intercambio catiónico (CIC, meq / 100 g), acidez modificable, saturación de bases, conducción eléctrica y agua disponible en el suelo (Mendoza & Espinoza, 2017).

En suelos con labranza de tracción procedimental y animal, las muestras se hayan en los surcos a una superficie de 20 cm. Si el proceso es de siembra directa, es recomendable muestrear a dos profundidades: de 0 a 10 y de 10 a 20 cm. La fecha de muestreo es conceptuada esencialmente por la naturalidad climática, clase de cultivo, época de cosecha y el proceso de labranza de suelo; un ejemplo en rotaciones de cultivos es recomendable

considerar muestras en la época seca, dos meses posteriores a la siembra (Mendoza & Espinoza, 2017).

3.4.2 Determinación de nitrógeno total por el método Kjeldahl

El método que generalmente es empleado para el establecimiento de nitrógeno es el denominado método de Kjeldahl, que se apoya en una volumetría ácido – base; el proceso es directo, el material pertinente es muy sencillo (instrumento de destilación Kjeldahl), y es prácticamente aplicable a la examinación usual de un gran número de muestras. Es la técnica estándar para el establecimiento del contenido proteico en grano, harinas, carnes y comúnmente en recursos biológicos (Ritvanen et al., 2020; López, 2020)

Dentro del método Kjeldahl, la muestra se deshace en caliente medio sulfúrico, en disposición de un agente reductor catalizador (mercurio, cobre o selenio, igualmente generalmente se asocia una sal neutra para incrementar el punto de ebullición de la descomposición de ácido sulfúrico (Liu et al., 2018). De esta manera, que incrementa temperatura de trabajo, con lo que se posibilita la separación. El procedimiento modifica el nitrógeno de la muestra en NH_4^+ . La siguiente aplicación de una base sólida, emana el NH_3 , que es acarreado hasta un recipiente colector por destilación con corriente de vapor (Sáez et al., 2019).

El recipiente colector posee una dimensión medida de una disolución común, de manera que una fracción de ácido es controlado por el NH_3 . El ácido es regular, pues al terminar la destilación se efectúa la valoración del ácido no consumido con una separación de bases patrón (Lin et al., 2020). El volumen de disolución básico consumido hasta encaminarse al punto de igualdad, posibilita contemplar la cantidad de NH_3 y de esta manera, la proporción de nitrógeno en la muestra, que puede modificarse en un factor proteico en función de la clase de muestra porque la mayoría de las proteínas posee alrededor del mismo porcentaje de nitrógeno (Gavidia et al., 2020).

III. Materiales y métodos

4.1 Área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en invernaderos y laboratorios de Biología, Bromatología y Hidrofísica de suelos, ubicados en el Facultad de Ciencias Agropecuarias, en el Campus Yanuncay de la Universidad de Cuenca, a una altura aproximada de 2580 m.s.n.m, con coordenadas UTM -2.9201568, - 79.025173, los cuales cuentan con los debidos equipos para una adecuada ejecución del presente trabajo.

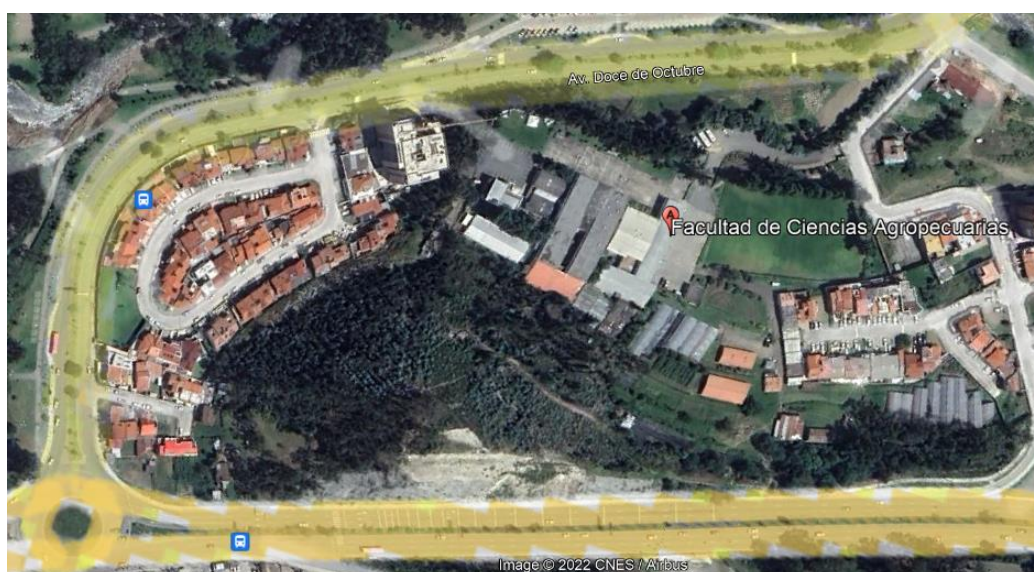


Figura 4. Ubicación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.2 Materiales y equipos

El adecuado desarrollo de las actividades planteadas en el presente estudio demanda de una serie de insumos los cuales se catalogan en materiales y equipos a ser utilizados, en la Tabla 1 se expone la necesidad y las especificaciones de los mismos.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación

Físicos	Barreno, cinta adhesiva, colador de plástico, marcadores, macetas plásticas, papel filtro Whatman N°4 (150 mm), papel secante, papel bond, papel de aluminio, mortero, colador.
Laboratorio	Cajas Petri 5 cm, cajas Petri 10 cm, mortero de porcelana, sacabocado 2mm, bureta de 25 ml, balón Kjeldahl, probeta de 25 ml, probeta de 100 ml, vasos de precipitación de 50 ml, vasos de precipitación de 600 ml, frascos ámbar 1 l, espátula, matraz Erlenmeyer, pipetas, peras de succión.
Químicos	Agua destilada, nitrato de plata, hidróxido de sodio, urea, sulfato de cobre, ácido bórico, sulfato de sodio, ácido sulfúrico, parafina, rojo de metilo, azul de metileno, metanol, ácido clorhídrico.
Biológicos	Suelo.
Equipos	Destilador de arrastre de vapor, equipo de calefacción y extracción de gases, estufa, balanza analítica, balanza electrónica.

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.3 Metodología

4.3.1 Metodología del primer objetivo específico

(Identificar y analizar la presencia del nitrógeno (Urea) en el suelo a partir de la técnica de la cromatografía de papel)

La metodología planteada para el cumplimiento del presente objetivo estableció un procedimiento que conlleva cuatro procesos: preparación de las muestras de suelo,

preparación del cromatograma de papel, preparación e impregnación de las soluciones y el revelado. Para ello, se utilizó la metodología planteada por Restrepo & Pinheiro (2011) ajustada a nuestra investigación.

4.3.1.1 Preparación de las muestras de suelo

Las muestras de suelo se tomaron del invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca con ayuda de un barreno, cada una de aproximadamente 500 g, y a una profundidad de 15 cm. Las mismas fueron almacenadas en macetas plásticas para posterior aplicación de las diferentes concentraciones de nitrógeno (Urea) y agua. Finalmente se expusieron las muestras a un secado al sol indirectamente y se extrajeron piedras u otros objetos no deseados.

El estudio consto de seis tratamientos incluido en testigo; para una adecuada dosificación se tomó como referencia a Ortiz (2016), donde recomienda una dosis de 150 kg/ha de nitrógeno (Urea) para el cultivo de maíz. Las dosis se distribuyeron de la siguiente manera: 0 kg/ha, 50 kg/ha, 100 kg/ha, 150 kg/ha, 200 kg/ha y 250 kg/ha.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos y dosis implementados

Tratamientos	Área (m ²)	Dosis	
		(g/m ²)	(g)
T0	0.011	0	0
T1		5	0.055
T2		10	0.110
T3		15	0.165
T4		20	0.220
T5		25	0.275

Fuente: Elaboración propia, 2023

Posteriormente, se tomaron submuestras de 100 g respectivamente y se pasó por un colador de plástico para lograr uniformidad. Además, con ayuda de un mortero, se trituraron todas las

partículas del suelo, hasta obtener un polvo tipo talco. Finalmente se pesó 5 g de la muestra pulverizada y el sobrante fue almacenado.

4.3.1.2 Preparación del cromatograma de papel

Para la preparación de la solución de hidróxido de sodio al 1 % se utilizó 10 g de hidróxido de sodio en forma de perlas o escamas, peso que fue disuelto en 1000 ml de agua destilada. Mientras que para la elaboración de la solución de nitrato de plata se pesó 0.5 g de nitrato de plata y se disolvieron en 100 ml de agua destilada.

El papel filtro circular que se utilizó es el Whatman número 4 de 15 cm de diámetro, en el cual se determinó su centro exacto. Los límites de impregnación se demarcaron en forma circular a los 4 cm y a los 6 cm. La primera marca permitió controlar hasta donde recorre el nitrato de plata y la siguiente permitió controlar hasta donde recorre la solución de hidróxido de sodio con el suelo. Además, se realizaron los pabilos de 2 cm de altura y 2 cm de diámetro, posteriormente se recortaron y se enrollaron para finalmente colocarlos en el centro del papel.

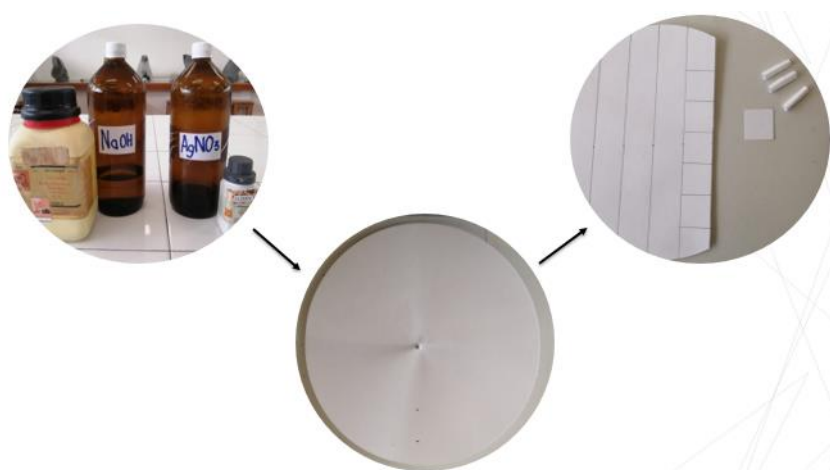


Figura 5. Proceso del cromatograma de papel

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.3.1.3 Preparación e impregnación de las soluciones

Para el procedimiento de la preparación de las soluciones se tomaron 50 ml de la solución de hidróxido de sodio al 1%, y en ella se colocó los 5 g de suelo, para esto se ocupó un Erlenmeyer de 125 cm³. Posteriormente se procedió girar de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, constantemente. Se realizaron 6 a 7 giros a cada lado por un tiempo aproximado de dos minutos, dando un total de 42 a 49 giros. Luego se dejó reposar por 15 minutos y se

repitió el proceso anterior. Nuevamente se dejó reposar por un lapso de 60 minutos, y se repitió la acción. Finalmente se dejó reposar por 6 horas, para luego pasar al análisis.

Para la impregnación se utilizaron dos cajas Petri de 5 cm y de 10 cm de diámetro. Luego se colocó la menor dentro de la mayor, centrada y se vertió en ella la solución de nitrato de plata, esto favoreció que la solución de nitrato de plata pudiera ser trasladada al papel mediante el proceso de absorción a través del pabalo, permitiendo que la solución antes mencionada pueda esparcirse de forma circular, hasta la demarcación de 4 cm que fue señalada anteriormente. Ya impregnado el papel filtro se colocó como un sándwich, entre dos pedazos de papel secante y dos hojas de papel bond con la finalidad de facilitar el secado. Finalmente, el proceso de impregnación tomo un lapso de 3 a 4 horas, dentro de una cámara oscura.

Una vez reposado el papel filtro impregnado con la solución de nitrato de plata, se tomó nuevamente 2 cajas Petri de 5 cm y 10 cm. Dentro de la caja Petri de 5 cm, con una jeringa de 5 a 10 ml se procedió a colocar la solución de hidróxido de sodio al 1 % con el suelo, tomado de la parte superior del envase. Se permitió que la solución de suelo recorra hasta los 6 cm señalados previamente. Este proceso fue desarrollado en ausencia de luz directa debido a la sensibilidad del papel impregnado.



Figura 6. Proceso de la preparación de las soluciones

Fuente: Elaboración propia, 2023

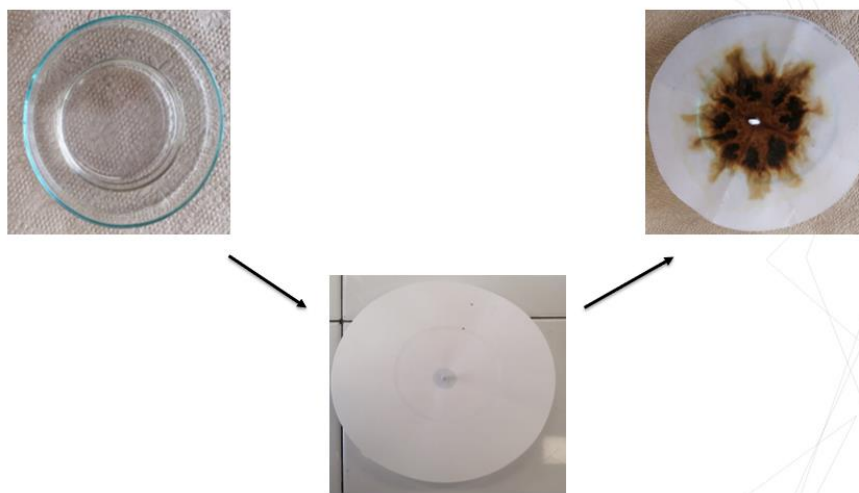


Figura 7. Impregnación de las soluciones

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.3.1.4 Revelado

Posterior que la solución del suelo recorrió hasta los 6 cm, se retiró el pabilo; se procedió a colocar el papel filtro entre hojas limpias de papel bond y se dejó secar por un tiempo de 16 horas en ausencia de luz. Una vez seco, el cromas se expuso a luz indirecta por 10 días y finalmente para una mejor conservación de los cromas se aplicó una pequeña capa de parafina.

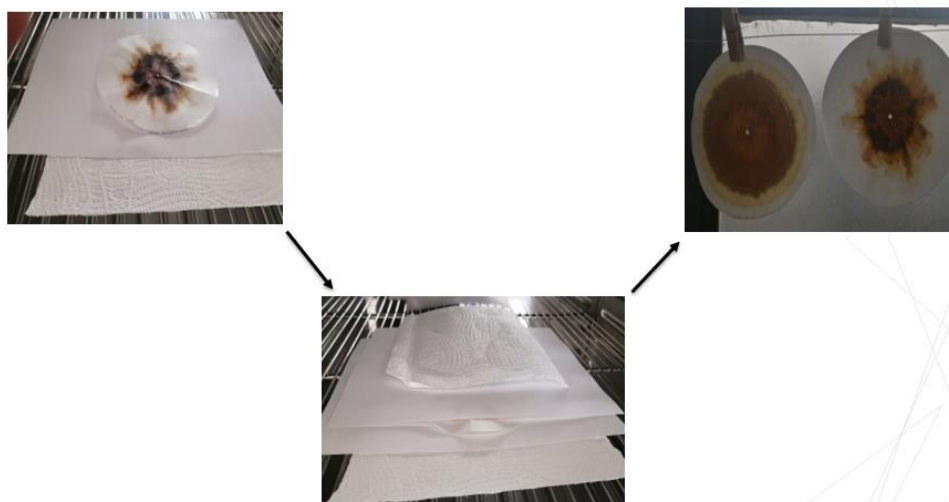


Figura 8. Proceso de secado y revelado de cada una de las muestras

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.3.2 Metodología del segundo objetivo específico

(Determinar el porcentaje de nitrógeno (Urea) presente en el cromatograma a través de análisis químicos de suelos)

Para el cumplimiento del presente objetivo se basó en tres procedimientos los cuales son: digestión, destilación y valoración (Panreac Applichem, s.f).

4.3.2.1 Digestión

El proceso de digestión se basa en romper todos los enlaces de nitrógeno presentes en la muestra. Para ello necesitaremos, 1 g de suelo, 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), 2 g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y 0.5 g de sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$) (Panreac Applichem, s.f). En este proceso la materia orgánica se carboniza dando lugar a la formación de una espuma negra que se descompondrá y finalmente se convertirá en un líquido claro lo cual indica que la reacción química ha terminado; para ello, la muestra se mezcla con ácido sulfúrico (H_2SO_4) a temperaturas promedio de 350 y 380 °C, añadiendo como catalizadores el sulfato de potasio (K_2SO_4) con el fin de aumentar el punto de ebullición del ácido sulfúrico (H_2SO_4) y el sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$) para aumentar la velocidad y eficiencia de este proceso; además, cabe mencionar que el tiempo de digestión depende de la estructura química de la muestra, pero en nuestro estudio aproximadamente fue de dos a tres horas para cada muestra. Finalmente se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente, se diluye con agua destilada para el siguiente proceso de destilación (Panreac Applichem, s.f).

4.3.2.2 Destilación

La muestra ácida obtenida anteriormente se neutraliza mediante una solución concentrada de hidróxido de sodio (NaOH), durante este proceso los iones amonio se convierten en amoniaco que es arrastrado al matraz receptor por medio de una corriente de vapor de agua; adicionalmente, el matraz receptor para el destilado se llena con una solución absorbente para capturar el gas amoniaco disuelto; la solución absorbente es ácido bórico (H_3BO_3) al 4% + indicador mixto 4,8 (rojo de metilo - verde de bromocresol) cuyo cambio de color va de rosa violeta a verde esmeralda (Panreac Applichem, s.f).

4.3.2.1 Valoración

La concentración de los iones amonio se determina mediante la utilización de una solución absorbente en nuestro caso ácido bórico (H_3BO_3) al 4% + indicador mixto 4,8 (rojo de metilo - verde de bromocresol), posteriormente se lleva a cabo una valoración ácido-base utilizando

una solución estandarizada de ácido clorhídrico (HCl) (Panreac Applichem, s.f). La detección del punto final se realizó manualmente con ayuda de una bureta, con el fin de obtener una valoración colorimétrica, donde se logró calcular el contenido de nitrógeno mediante la concentración y el volumen de ácido clorhídrico gastado en la valoración (Panreac Applichem, s.f). La fórmula empleada del ácido bórico como una solución receptora es:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(mL \text{ ácido valorante} - mL \text{ blanco}) \times N \text{ del ácido} \times 1,4007}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

4.3.3. Metodología del tercer objetivo específico

(Establecer la correlación entre los resultados de la cromatografía con la concentración de nitrógeno (Urea) determinado por los análisis químicos de suelos)

La metodología empleada para el cumplimiento del presente objetivo se estableció mediante la elaboración de tablas, en las cuales se detallan los diferentes tratamientos, dosis, repeticiones, porcentajes de nitrógeno y centímetros obtenidos en la zona mineral (zona 2) como se puede observar en la tabla 3. Además, del mismo modo que se estableció el protocolo para la elaboración de cromatogramas; la interpretación de los mismos se expuso de igual forma siguiendo la metodología de Restrepo & Pinheiro (2011), los cuales revisaron de forma minuciosa cada una de las zonas que lo componen teniendo como resultado una adecuada identificación de cada zona, tamaño, forma y color respectivamente.

4.4 Diseño experimental

El diseño empleado para la elaboración de esta investigación fue un diseño completamente al azar (DCA), para lo cual se trabajó con seis (6) tratamientos incluido el testigo y cinco (5) repeticiones, cada unidad experimenta constituida por “una (1) maceta”; por lo tanto; la investigación estuvo constituida por un total de treinta (30) macetas para la elaboración del cromatograma de papel y treinta (30) análisis químicos de suelos.

Para la evaluación estadística de los resultados obtenidos se utilizó el software estadístico InfoStat E2020, donde se realizó un análisis de regresión lineal cuya significancia fue evaluada mediante un ANOVA.

IV. Resultados y discusión

Los resultados que se presentan a continuación se obtuvieron a partir de las correlaciones entre las imágenes reveladas y los análisis químicos de suelos realizados; es decir, existen resultados tanto de forma cualitativa como cuantitativa, dentro de los cuales se encuentra analizadas las variables como el ancho de la zona cromatográfica y el porcentaje de nitrógeno obtenido en cada muestra de suelo como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Correlación química y cromatográfica obtenidos.

Tratamiento	Dosis (g/m ²)	Repetición	% Nitrógeno por el método Kjeldahl	Radio cromatográfico promedio zona 2 (cm)
0	0	1	0.02	1.53
0	0	2	0.01	1.58
0	0	3	0.01	1.60
0	0	4	0.01	1.58
0	0	5	0.01	1.58
1	5	1	0.34	1.88
1	5	2	0.40	1.93
1	5	3	0.34	1.96
1	5	4	0.40	2.00
1	5	5	0.38	2.03
2	10	1	0.42	2.19
2	10	2	0.40	2.24
2	10	3	0.42	2.20
2	10	4	0.41	2.13
2	10	5	0.47	2.20
3	15	1	0.51	2.43
3	15	2	0.49	2.58
3	15	3	0.49	2.55
3	15	4	0.42	2.53
3	15	5	0.47	2.38
4	20	1	0.50	2.66
4	20	2	0.50	2.58
4	20	3	0.52	2.68

Tratamiento	Dosis (g/m ²)	Repetición	% Nitrógeno por el método Kjeldahl	Radio cromatográfico promedio zona 2 (cm)
4	20	4	0.55	2.65
4	20	5	0.54	2.53
5	25	1	0.62	2.58
5	25	2	0.58	2.63
5	25	3	0.64	2.60
5	25	4	0.68	2.65
5	25	5	0.70	2.51

Fuente: Elaboración propia, 2023

Adicionalmente, cuando analizamos los datos considerando el tratamiento control se obtuvo un modelo de regresión significativo con un ajuste de r^2 0.83; no obstante, como se puede observar en la Figura 9 los valores del tratamiento control tienden a tener una influencia muy grande sobre este modelo, ya que, revisando el mismo ajuste de regresión excluyendo los datos del tratamiento control se obtiene otros resultados que siguen siendo significativos pero su valoración se reduce a un r^2 de 0.61.

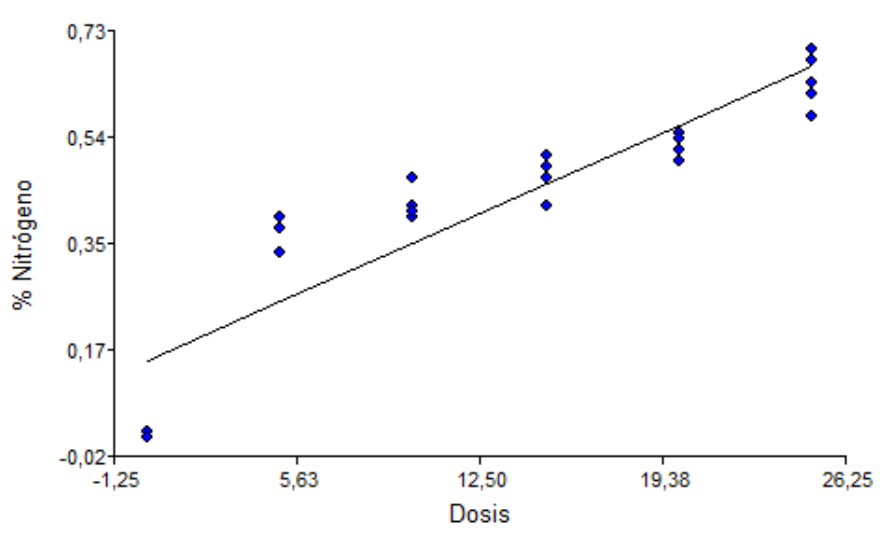


Figura 9. Porcentaje de Nitrógeno con tratamiento control

Fuente: Elaboración propia, 2023

En relación a la cromatografía de papel; se obtuvo el radio promedio de la zona mineral (zona 2), donde nos indica que existe una correlación entre las dosis aplicadas de nitrógeno (urea)

y el ancho de la zona. Cabe mencionar que, la medición de la zona se realizó con ayuda de una regla; y se tomaron medidas tanto en forma vertical como horizontal, y a su vez se calcularon los valores medios para el respectivo análisis (Kokornaczyk et al., 2016). Adicionalmente, en la Figura 10, se puede observar que a mayor aplicación de nitrógeno (urea) en el suelo mayor es el radio cromatográfico.

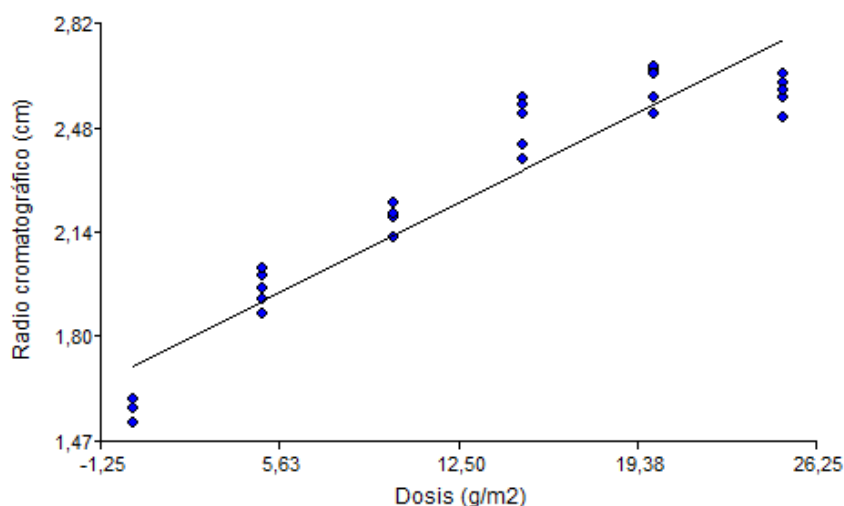


Figura 10. Radio promedio de la zona cromatográfica mineral

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la Figura 11, se puede observar la correlación que existe entre el porcentaje de nitrógeno (urea) aplicado en el suelo y el radio promedio de los cromatogramas de papel siendo el resultado más importante dentro del proyecto; ya que se logra establecer una herramienta que ayuda a la toma de decisiones para un adecuado manejo del suelo.

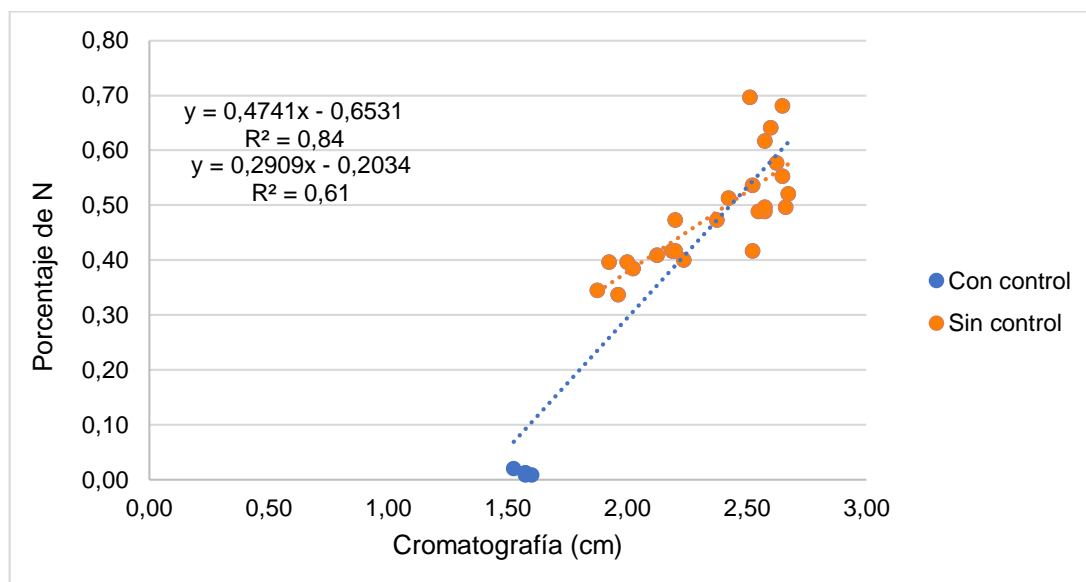


Figura 11. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel

Fuente: Elaboración propia, 2023

Sin embargo, se puede evidenciar que de forma independiente por medio de la Figura 12, existe una correlación fuerte entre el porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel con control, considerando que los valores entre las variables de nitrógeno y radio cromatográfico se encuentra bastante cerca de la línea de tendencia.

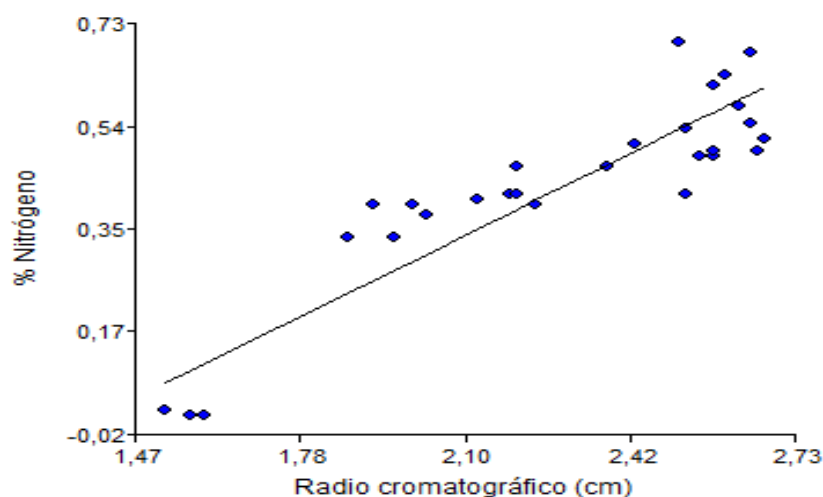


Figura 12. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel con control

Fuente: Elaboración propia, 2023

Con respecto a la Figura 13, se denota que existe una relación menos fuerte entre las variables de nitrógeno y radio cromatográfico, por lo que se puede apreciar que existe una mayor dispersión en los datos hallados en la experimentación en el tratamiento sin control con la línea de tendencia. Esto se evidencia, debido a los valores de r^2 de 0.61 demostrado anteriormente en la investigación.

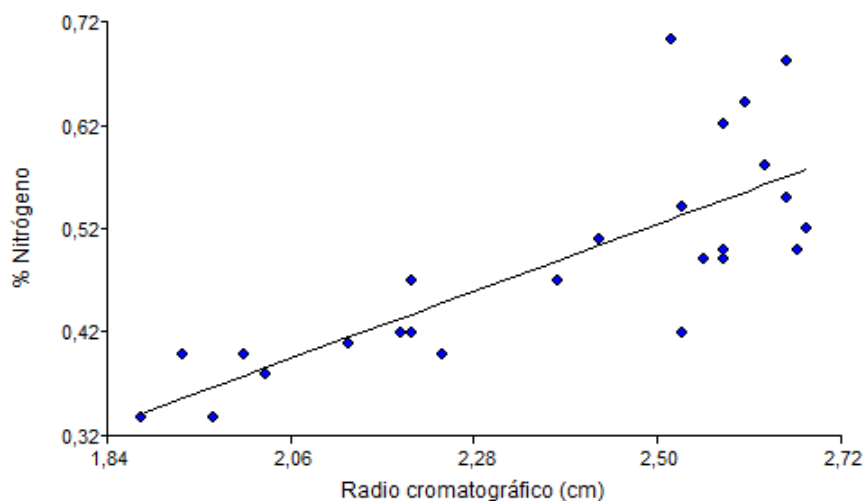


Figura 13. Correlación entre porcentaje de nitrógeno y radio promedio de los cromatogramas de papel sin control

Fuente: Elaboración propia, 2023

Adicionalmente en la Tabla 4, se puede evidenciar un r^2 con una correlación positiva, además, dentro del modelo uno (M1) se presenta una relación mucho más fuerte entre el nitrógeno y el radio cromatográfico a comparación del modelo dos (M2), y la significancia de los datos se presentan en la tabla respectiva.






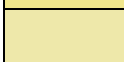
Tabla 4. Datos representativos de los modelos obtenidos

Modelos	R^2	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	P
M1 (Con control)	0.84	0.99	1	0.99	< 0.0001
M2 (Sin control)	0.61	0.15	1	0.15	< 0.0001

Fuente: Elaboración propia, 2023

También en la Tabla 5, donde se puede observar la coloración cromatográfica, de acuerdo con cada tratamiento, su respectivo código y con una denominación de cada color para una mejor identificación.

Tabla 5. Coloración cromatográfica obtenida por cada tratamiento

Coloración cromatográfica			
Color	Nombre del color	Código	Tratamiento
	Perú	001-UDC	0
	Vara de oro	002-UDC	1
	Varilla de oro oscuro	003-UDC	2
	Naranja oscuro	004-UDC	3
	Caqui	005-UDC	4
	Vara de oro pálido	006-UDC	5

Fuente: Elaboración propia, 2023

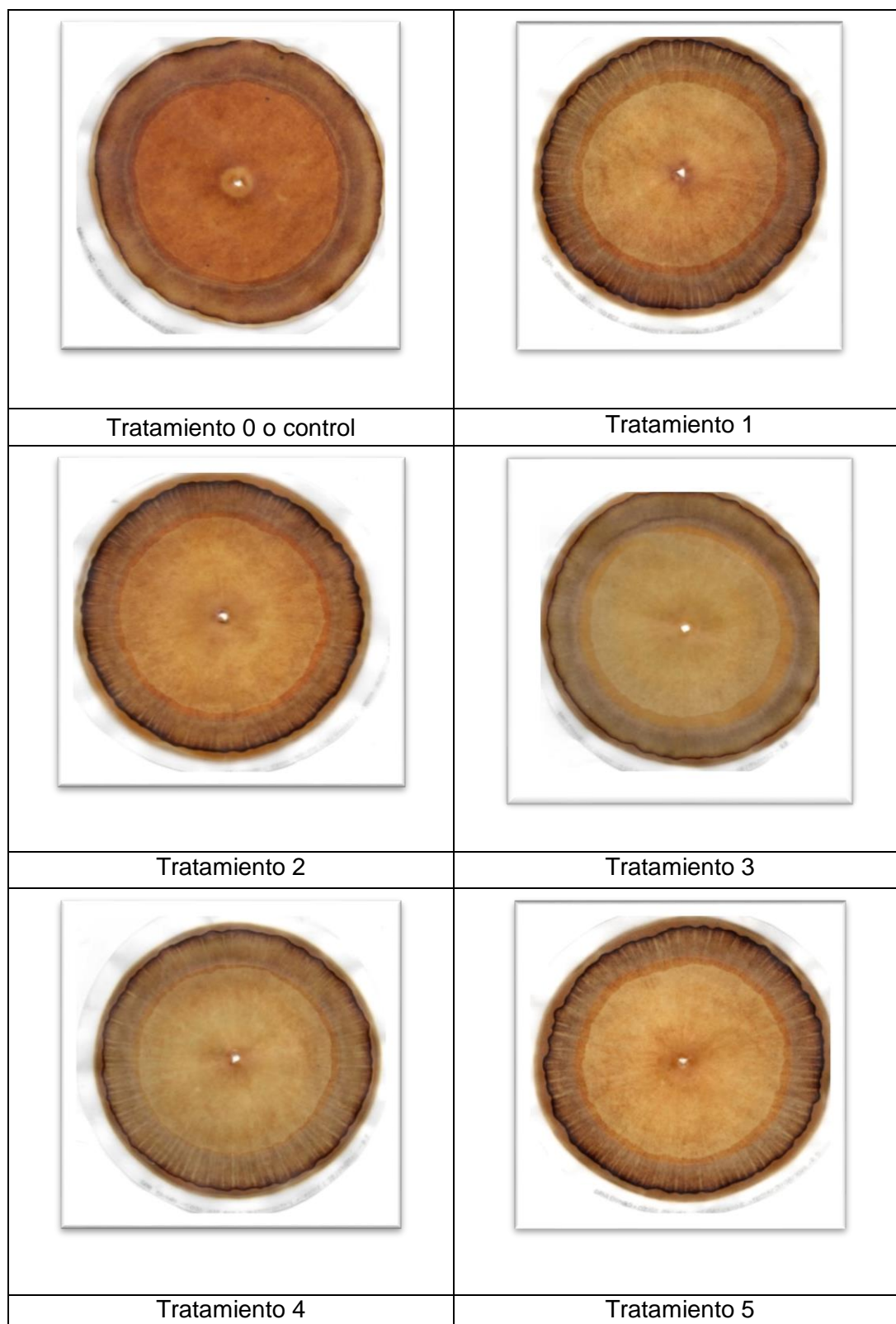


Figura 14. Resultados cromatográficos obtenidos de cada tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por medio de los datos hallados en el presente documento, se realizó la búsqueda de estudios similares para un contraste. De esta forma, con respecto al primer objetivo específico, se puede evidenciar que la presencia de nitrógeno en los tratamientos utilizados, que se puede comparar con el estudio de Cercado (2021), donde el nitrógeno figura en porcentajes bajos en sus sitios de muestreo. Así como en la investigación Obando (2021) en su análisis en tres tratamientos, la presencia de nitrógeno es poca. Finalmente en el estudio de Herrera (2022), a tres suelos, se pudo determinar con la cromatografía de papel el hallazgo de presencia de nitrógeno con el 60%, 90% y 100% de uso de Urea. Demostrando de esta manera una homogeneidad entre los resultados expuestos entre estudios.

Seguido, frente al segundo objetivo específico, el nitrógeno presenta un rango promedio de 0.01% a 0.64% de nitrógeno, para esto se halló la investigación de Tatli et al. (2022), quienes determinaron que la mayor cantidad de nitrógeno que se asignó a uno de los tratamientos en el que se utilizó 400 Kg de fertilizante de urea (3.63%), mientras que los porcentajes más bajos se registraron en el tratamiento testigo en el que no se utilizó fertilizante, por lo que señala que cuanto más fertilizante de urea se ocupe más nitrógeno se almacena. Además, en el estudio generado por Saha et al. (2018), en sus tres muestras presenta nitrógeno en distintos porcentajes dentro del rango de 0.13% a 0.54%, siendo estos un referente con los datos hallados en el presente documento. Mientras que en la investigación de Chen et al. (2022), el rango de nitrógeno oscila entre el 1% al 10%, entre las 120 muestras generadas por 6 conjuntos de muestras. Determinando así la gran variación que puede determinarse por distintos factores como el tipo de suelo, temperatura, urea, entre otros.

En relación con el tercer objetivo específico, la concentración de nitrógeno (Urea) determinado por los análisis químicos de suelos, se pudo obtener r^2 0.84 para el tratamiento con control y r^2 de 0.61 en el tratamiento sin control. Como se puede apreciar la inclusión del tratamiento control en el análisis de regresión es de gran influencia, ya que, realizando el mismo ajuste, pero excluyendo los datos del tratamiento control el valor de regresión, aunque sigue siendo significativo su porcentaje de variación se reduce al menos en un 60 %. Esto se puede relacionar con la investigación generada por Bhati & Raliya (2022), en sus cuatro tratamientos pudo hallar una relación de r^2 de 0.9975; 0.99886; 0.99918 y 1, presentando de esta manera una correlación fuerte. Mientras que, en el estudio de Langenfeld et al. (2021), la correlación fue de r^2 0.9951 y 0.9956, determinando de igual manera una relación fuerte de los tratamientos. Con estos datos se puede evidenciar la diferencia entre estudios, lo cual puede deberse por el tipo de suelo utilizado, así como las concentraciones de urea utilizadas en cada tratamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la técnica de cromatografía de papel es una herramienta sencilla y rápida para el análisis integral de propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos (Restrepo & Pinheiro, 2011). Sin embargo, el tipo de suelo a partir del cual se genere el cromatograma debe tenerse en cuenta en su interpretación (Ford et al., 2019), ya que, el patrón revela diferencias entre los diferentes tipos de suelo y de cultivos (Kokornaczyk et al., 2016). Por lo que; según los autores Hernández et al. (2021), es necesario desarrollar futuras investigaciones las cuales estén direccionadas a complementar la capacidad de estimación de los patrones generados, ampliando la diversidad de suelos y bajo características experimentales similares, destacando que la ejecución de estas actividades se vinculan directamente con el objeto de obtener un grado de confianza que permita desarrollar una herramienta de amplia utilización para la interpretación de los cromatogramas generados con dicha técnica.

En el presente análisis es imprescindible acotar que, una de las limitaciones fundamentales que marca la diferencia entre la cromatografía de papel y los análisis de suelos, es el carácter cualitativo de la forma de resultados de la cromatografía, contrario al enfoque cuantitativo de los resultados entregados por los análisis de suelos; es decir; la cromatografía requiere interpretar formas, colores, intensidad; mientras que el análisis de suelo demanda el conocimiento de terminología como, por ejemplo: partes por millón (ppm), miliequivalentes (meq), porcentajes (Nivia, 2017). En conjunto a lo expuesto anteriormente Nivia (2017), plantea que existe una segunda limitación fundamental, la misma se fundamenta en que los análisis de suelos generalmente se desarrollan en laboratorios y no incluye un análisis biológico del mismo; teniendo un costo extra si este es solicitado.

Restrepo & Pinheiro (2011), mencionan que dentro del cromatograma de papel se puede observar claramente la presencia de materia orgánica y reconocer si está integrada al suelo o biológicamente activa en él; este aspecto, no carece de importancia, ya que afianza la cromatografía como una técnica de análisis que está estrechamente relacionada con los aspectos biológicos. Estudios realizados en diversas clases de suelo, en donde los análisis químicos no arrojaban diferencias significativas entre los mismos; es decir, niveles de macro y micro nutrientes muy similares, igual que los niveles de materia orgánica, se apreciaba que no todos tenían una calidad semejante según los cultivos que los representaban; entonces, sólo a través de la cromatografía de estas mismas muestras, se hizo evidente que la diferencia radicaba en el bajo grado de actividad biológica de algunas de ellas (Nivia, 2017).

Finalmente, se realizó una comparación entre los diferentes porcentajes de nitrógeno obtenido tanto en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como en la empresa

pública Agrocalidad; siendo los mismos diferentes, ya que, la Urea es un fertilizante de alta volatilidad y el tiempo de análisis de las muestras es variable, dichos resultados oscilan desde los 0.01 % a 0.64 % de N en los laboratorios de la Universidad y entre un 0.08% a 0.21% de N en la empresa pública Agrocalidad (ver la Tabla 6). Dichas diferencias se pueden deberse al uso de diferentes métodos de análisis de suelos, que suelen basarse en los recomendados por la *FAO, APHA* norteamericana o de la *AOAC*; esta situación se agudiza, ya que, cada laboratorio adapta la metodología de cada uno de los parámetros concretos a las circunstancias (Calvache et al., 2018). Además, se puede decir que existe otra diferencia al comparar los datos obtenidos de nitrógeno (ver la Tabla 6); esto puede ser debido al momento en el que son procesadas las muestras, ya que, dentro del laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias se ha realizado inmediatamente después de la recolección de las mismas; pero en los laboratorios de Agrocalidad él envió, transporte y otros procesos que sufren las muestras, lo que ha provocado una mayor volatilización de la Urea lo que afectaría a los resultados obtenidos, por esta razón se recomienda que las muestras sean procesadas inmediatamente para evitar este tipo de problemas.

Tabla 6. Porcentajes de Nitrógeno obtenidos en diferentes laboratorios

Tratamientos	Porcentaje de nitrógeno	
	% N obtenido en laboratorio de la Universidad	% N de obtenido en los laboratorios de Agrocalidad
T0	0.01	0.08
T1	0.37	0.20
T2	0.42	0.21
T3	0.48	0.18
T4	0.52	0.21
T5	0.64	0.18

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por ello, la precisión y control de calidad de los análisis de suelos de laboratorios privados o públicos es requisito indispensable que debería estar controlado por una autoridad pública, estableciendo las normas de calidad pertinentes, los métodos recomendados o de obligado cumplimiento y con derecho a reclamo por parte del consumidor (Calvache et al., 2018). De igual forma, los mismos autores mencionan que la simple Asociación Voluntarista de Laboratorios de Análisis RELASE en Ecuador, equivalente a otras existentes en Argentina, Chile o México no puede bastar, dado que, aunque sea una herramienta útil sus decisiones

no son vinculantes. Relativo a esta problemática, mientras algunos países han establecido normativas como España y México, otros como Ecuador aún no las posee.

Conclusiones

Luego de los resultados obtenidos en la presente investigación y posterior análisis desarrollado, se arriban las siguientes conclusiones:

- El uso de la cromatografía de papel representa un apoyo que posibilita la comprobación del grado de actividad y calidad del suelo, es una técnica simple y útil para descubrir rápidamente las cualidades y condiciones que presentan determinados suelos en nuestro caso del suelo del invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.
- De acuerdo con el primer objetivo específico: La herramienta o técnica de cromatografía de papel es viable para identificar y analizar la presencia del nitrógeno (Urea) en el suelo, los resultados analizados permitieron determinar la relación directa que se establece entre la dosis de aplicación de nitrógeno (urea) y el radio cromatográfico.
- Con respecto al segundo objetivo específico: Determinar el porcentaje de nitrógeno (Urea) presente en el cromatograma a través de análisis químicos de suelos. Se pudo evidenciar en las muestras la presencia entre el 0.01% a 0.70% de nitrógeno en cada uno de los tratamientos; sin embargo, las diferentes metodologías aplicadas en laboratorio, tipos de suelos, tiempo de análisis de las muestras de suelo y tipo de fertilizante utilizado influyen en los valores reportados en los análisis.
- Dentro del tercer objetivo específico: Establecer la correlación entre los resultados de la cromatografía con la concentración de nitrógeno (Urea) determinado por los análisis químicos de suelos, se concluye que tanto para el análisis desarrollado considerando el tratamiento ($r^2 = 0.84$), como excluyendo los datos del tratamiento control ($r^2 = 0.61$), los modelos obtenidos de regresión lineal pueden ser considerados significativos.
- Finalmente, se puede concluir que la cromatografía constituye una técnica de análisis que está estrechamente relacionada con los aspectos biológicos, contrastando con los análisis de laboratorio que a pesar de presentar diferencias significativas estadísticas, la dispersión de los datos analizados nos limita el definir su inferencia en los cromatogramas de papel realizados.

Recomendaciones

Una vez culminada la investigación, se han podido establecer las siguientes recomendaciones:

- Replicar el estudio en otros tipos de suelo, para realizar una comparación entre los resultados y determinar los beneficios de esta metodología.
- Realizar la misma metodología aplicada en esta investigación con diferentes macronutrientes y dosis y otros tipos de suelos.
- Difundir prácticas alternativas en el análisis de suelos como es el uso de la cromatografía de papel como herramienta de diagnóstico de fertilidad de suelo.
- Promover esta metodología como complemento con el análisis físico- químico de suelo realizado en laboratorio.
- Establecer una investigación sobre la estimación de costos de implementación de esta metodología.

Referencias

- Arana, D. (2018). "Degradabilidad ruminal in-situ del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de Nitrógeno cosechado en sesenta días." [Universidad técnica estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4525>
- Balmaseda, C., Quevedo, N., & Cercado, E. (2021). Evaluación cualitativa de los suelos de la parroquia Colonche mediante Croamografía de Pfeiffer (Bachelor's thesis). *Revista Pertinencia Académica*, 5(4), 65–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.5979699>
- Bhati, V. S., & Raliya, R. (2022). Comparative estimation of nitrogen in urea and its derivative products using TKN, CHNS and hand-held refractometer. *Scientific Reports*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15736-z>
- Calvache, A., Gallardo, J., & Vega, C. (2018). Calidad de análisis de laboratorios de suelos del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.31164/reiagro.v2n2.1>
- Cercado, E. (2021). *Evaluación cualitativa de los suelos de la parroquia Colonche mediante Croamografía de Pfeiffer (Bachelor's thesis)*. Repositorio institucional de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6362>
- Chen, Z., Ren, S., Qin, R., & Nie, P. (2022). Rapid Detection of Different Types of Soil Nitrogen Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging. *Molecules*, 27(6), 2017. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27062017>
- Espinosa, J., Moreno, J., & Bernal, G. (2022). *Suelos Ecuador - Características, Uso y Manejo* (Issue May).
- Ford, B., Cook, B., Tunbridge, D., & Tilbrook, P. (2019). *Using paper chromatography for assessing soil health in southwestern Australia* (Issue July). Centre of Excellence in Natural Resource Management, University of Western Australia.
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. *Instituto Nacional de Innovación y Tranferencia En Tecnología Agropecuaria (INTA)*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Gavidia Valencia, J. G., Venegas Casanova, E. A., Ríos, M., Uribe Villarreal, J. C., Gutiérrez Mendoza, D. D., Rengifo Penadillos, R. A., Jara Aguilar, D. R., & Martínez, J. L. (2020). Determinación del factor de conversión de nitrógeno a proteína en huevos de Coturnix coturnix L. (codorniz japonesa). *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapeutica*, 39(6), 706–708. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4404721>
- Hernández, A., Ochoa, B., Ojeda, D., Jiménez, J., Sánchez, R., Rodríguez, M. J., & Sánchez, E. (2021). Patrones para estimar la fertilidad del suelo mediante la técnica de cromatografía de Pfeiffer. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.844>

- Herrera Toapanta, L. M. (2022). *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*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Kokornaczyk, M., Primavera, F., Luneia, R., Baumgartner, S., & Betti, L. (2016). Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(3), 143–157.
- Langenfeld, N. J., Payne, L. E., & Bugbee, B. (2021). Colorimetric determination of urea using diacetyl monoxime with strong acids. *PLoS ONE*, 16(11), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259760>
- Lin, L., Gao, Z., & Liu, X. (2020). Estimation of soil total nitrogen using the synthetic color learning machine (SCLM) method and hyperspectral data. *Geoderma*, 380, 114664. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2020.114664>
- Liu, J., Feng, H., He, J., Chen, H., & Ding, D. (2018). The effects of nitrogen and water stresses on the nitrogen-to-protein conversion factor of winter wheat. *Agricultural Water Management*, 210, 217–223. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.07.042>
- Llive, F. (2016). Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL*, 29(2), 68–88.
- López Choque, M. A. (2020). *Validación del método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total en suelos agrícolas del departamento de la Paz*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. *Universidad Nacional Agraria*, 1–56.
- Morales, E., Rubí, M., López, J., Martínez, Á., & Morales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875–1886.
- Nivia, I. (2017). *Análisis del uso de la Cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la Fertilidad del Suelo en Sistemas de Producción Agrícola*. [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13593>.
- Obando Pullozasig, K. M. (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*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ortiz, A. (2016). Evaluación de la Respuesta del Maíz (*Zea mays* L.) ante cambios en la densidad de siembra y dosis de nitrógeno. *Revista Sobre Estudios e Investigaciones Del Saber Académico*, 82–85.
- Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011). *Cromatografía imágenes de la vida y de la destrucción del suelo* (pp. 1–252).

- Ritvanen, T., Pastell, H., Welling, A., & Raatikainen, M. (2020). The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species-*acheta domesticus* and *gryllus bimaculatus*. *Agricultural and Food Science*, 29(1), 1–5. <https://doi.org/10.23986/afsci.89101>
- Sáez Plaza, P., García Asuero, A., & Martín, J. (2019). Una anotacion sobre el metodo de Kjeldahl. *An Real Acad Farm*, 85(1), 14–19.
- Saha, B. K., Rose, M. T., Wong, V. N. L., Cavagnaro, T. R., & Patti, A. F. (2018). Nitrogen Dynamics in Soil Fertilized with Slow Release Brown Coal-Urea Fertilizers. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32787-3>
- Tatli, S., Mirzaee-Ghaleh, E., Rabbani, H., Karami, H., & Wilson, A. D. (2022). Prediction of Residual NPK Levels in Crop Fruits by Electronic-Nose VOC Analysis following Application of Multiple Fertilizer Rates. *Applied Sciences*, 12(21), 11263. <https://doi.org/10.3390/app122111263>
- Saha, B. K., Rose, M. T., Wong, V. N. L., Cavagnaro, T. R., & Patti, A. F. (2018). Nitrogen Dynamics in Soil Fertilized with Slow Release Brown Coal-Urea Fertilizers. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32787-3>
- Tatli, S., Mirzaee-Ghaleh, E., Rabbani, H., Karami, H., & Wilson, A. D. (2022). Prediction of Residual NPK Levels in Crop Fruits by Electronic-Nose VOC Analysis following Application of Multiple Fertilizer Rates. *Applied Sciences*, 12(21), 11263. <https://doi.org/10.3390/app122111263>

Anexos

Anexo 1. Toma y preparación de las muestras de suelo

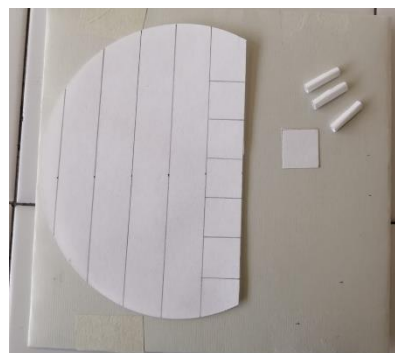


Anexo 2. Preparación de suelo para la elaboración cromatográfica



Anexo 3. Preparación del suelo para la determinación de nitrógeno

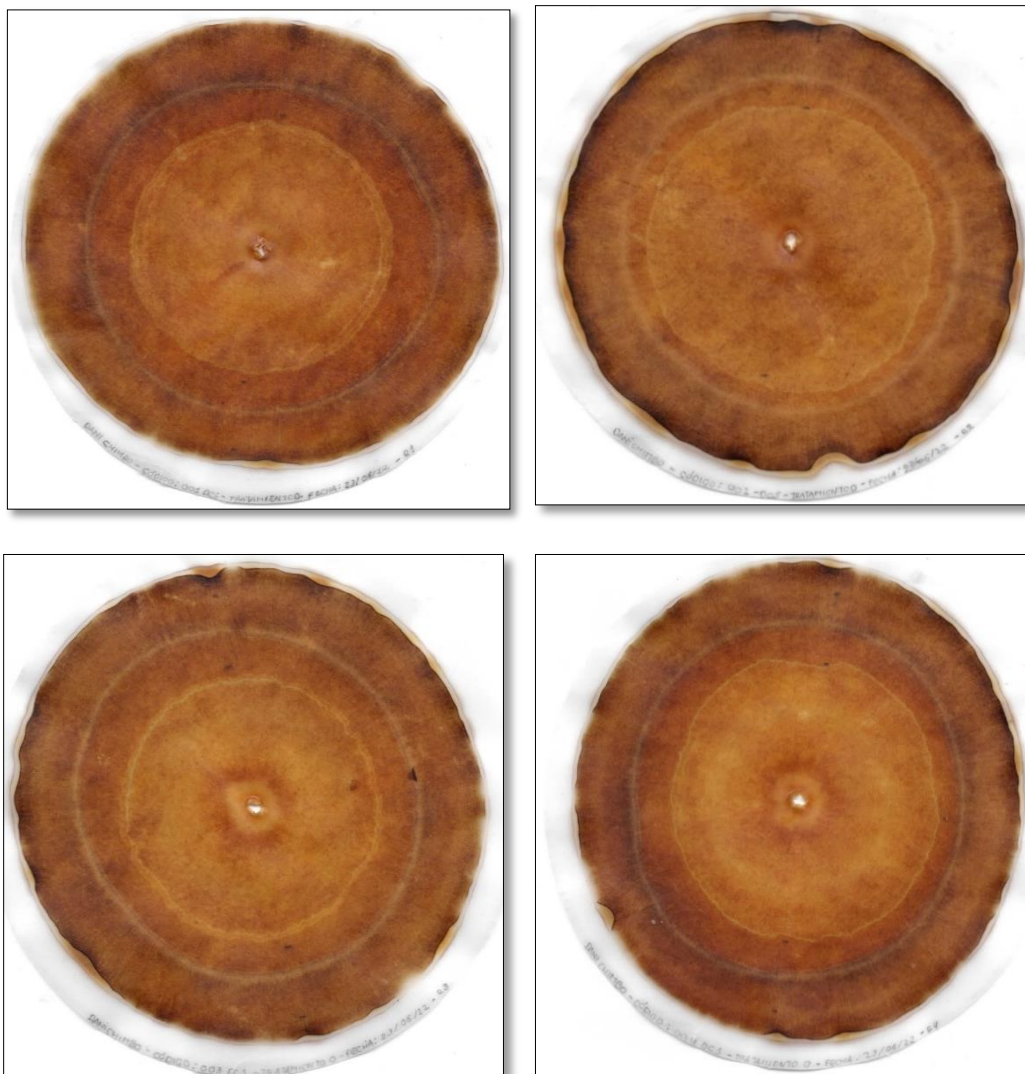
Anexo 4. Elaboración de cromatogramas de papel

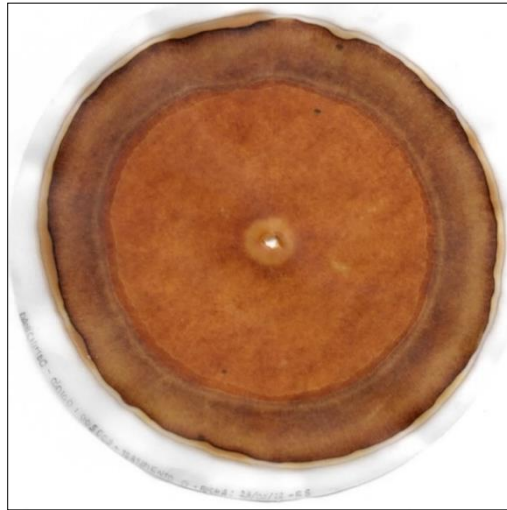


Anexo 5. Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl

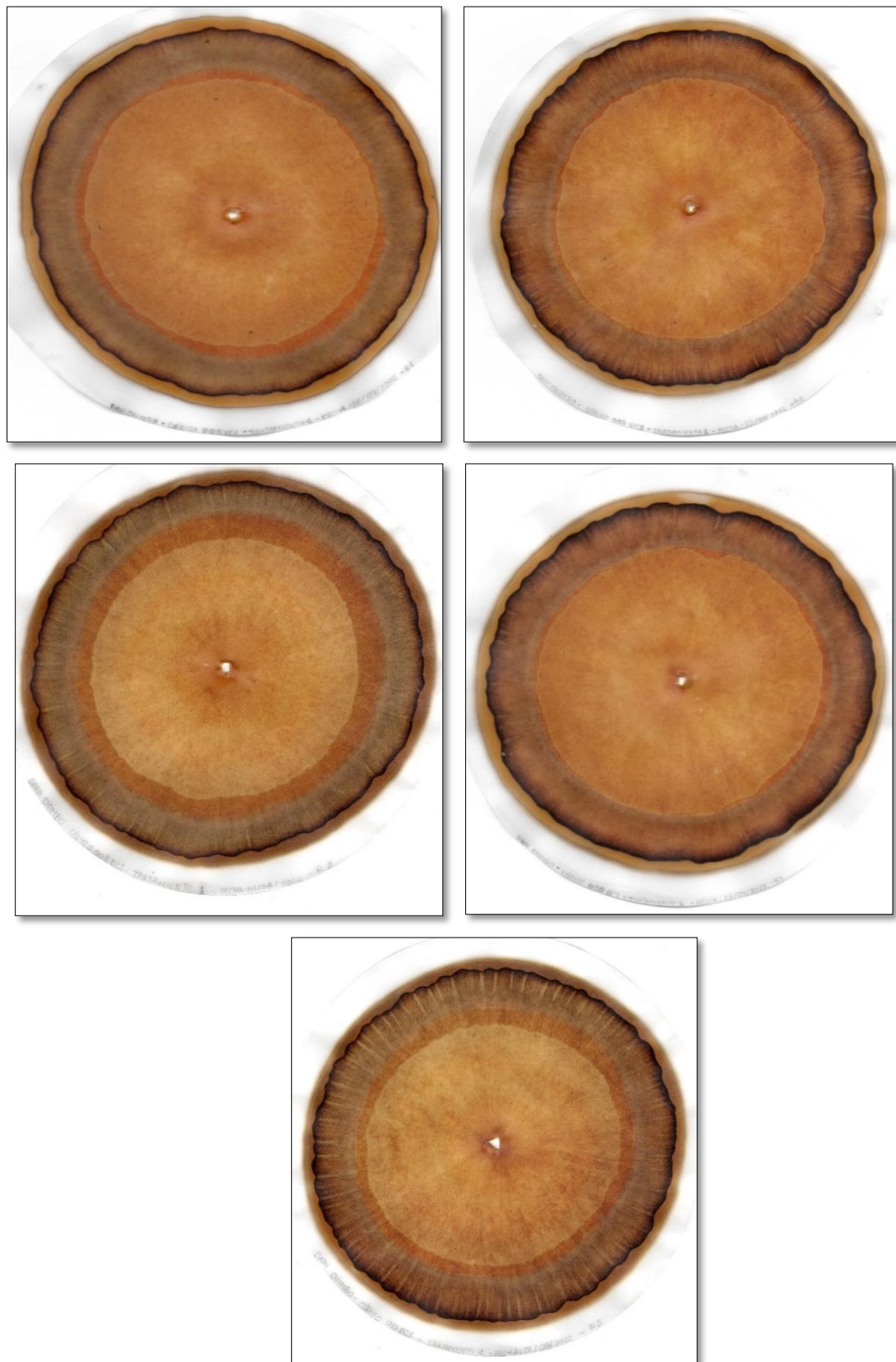


Anexo 6. Cromatogramas de papel del tratamiento 0 o tratamiento control.

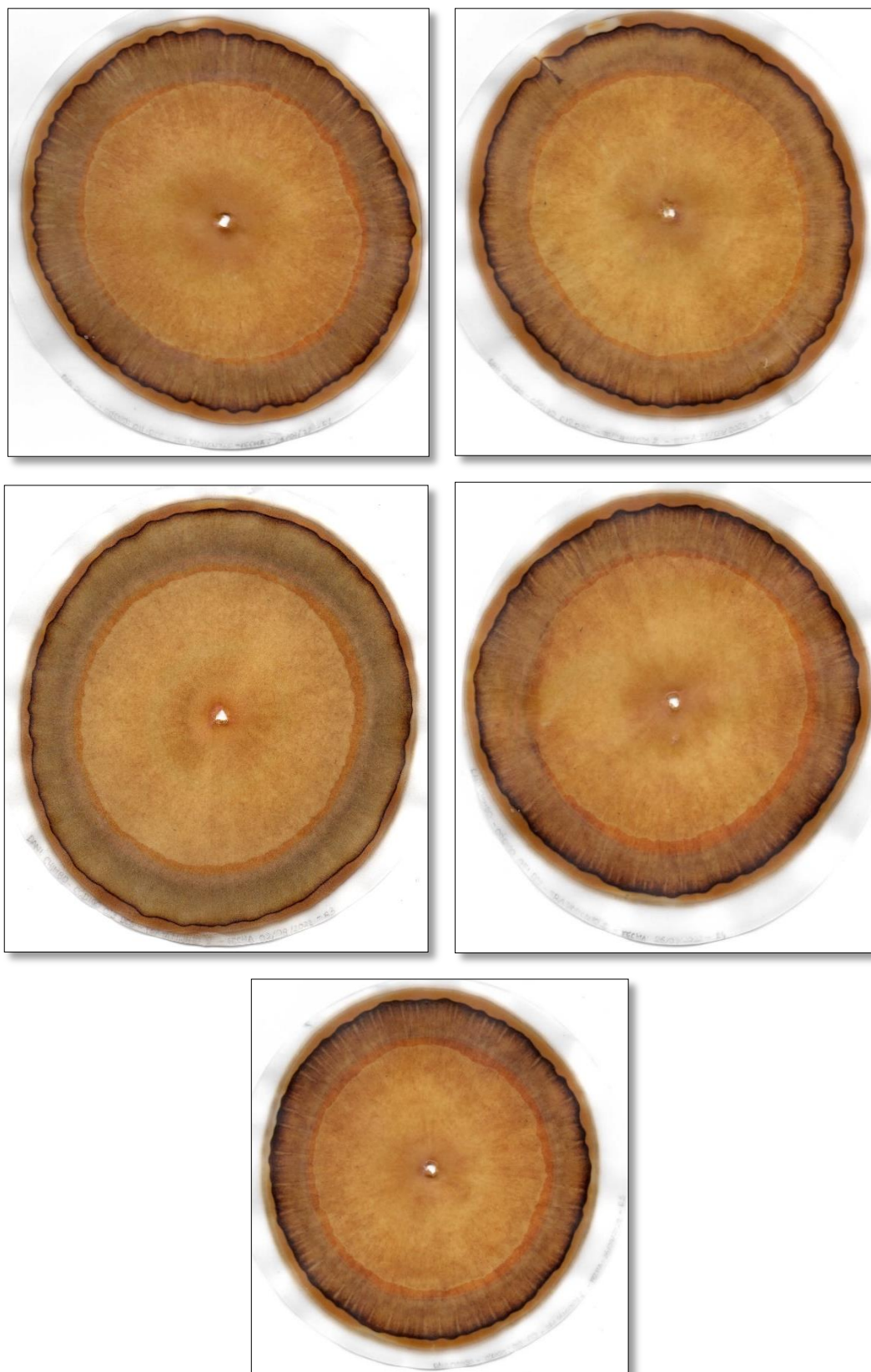




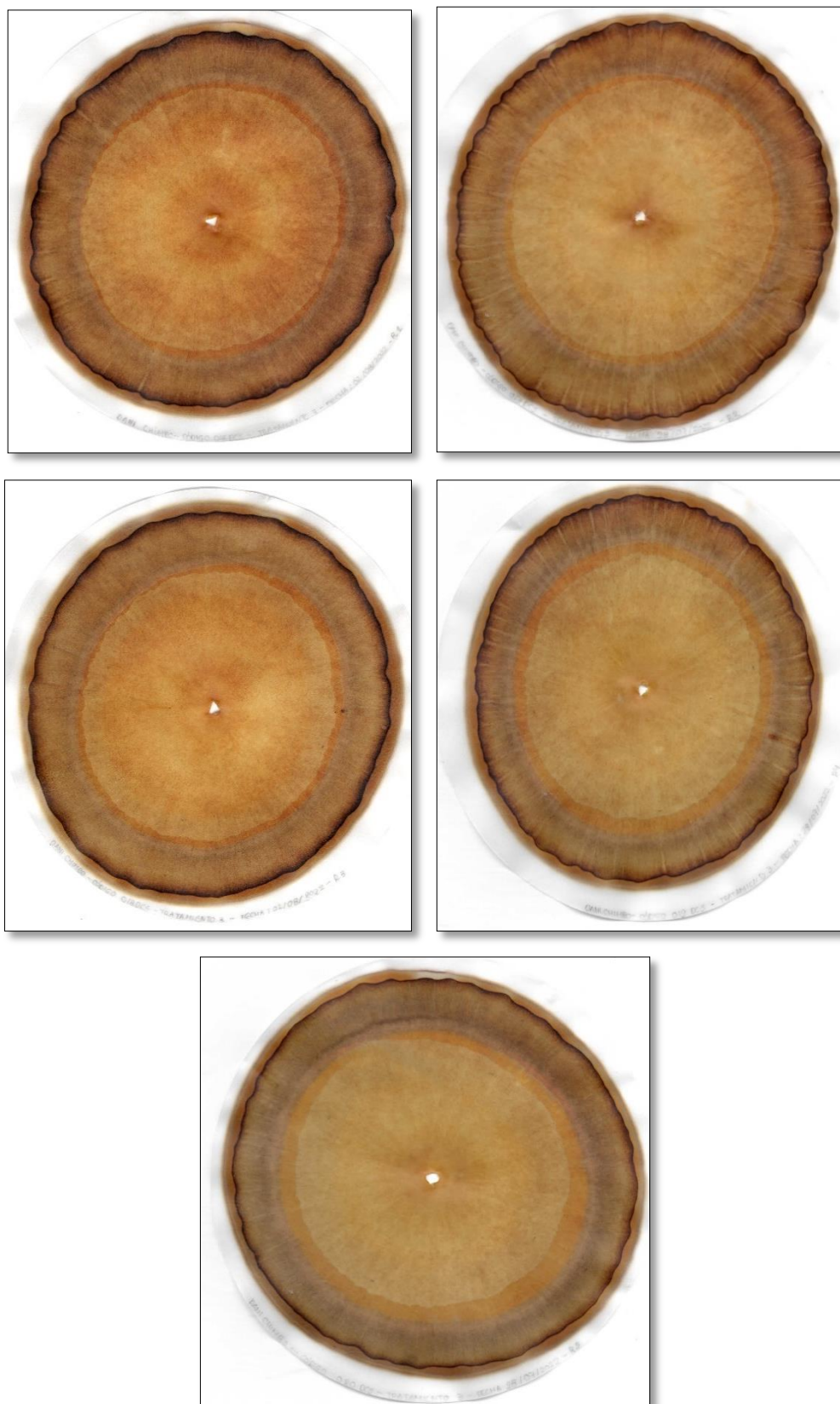
Anexo 7. Cromatogramas de papel del tratamiento uno.



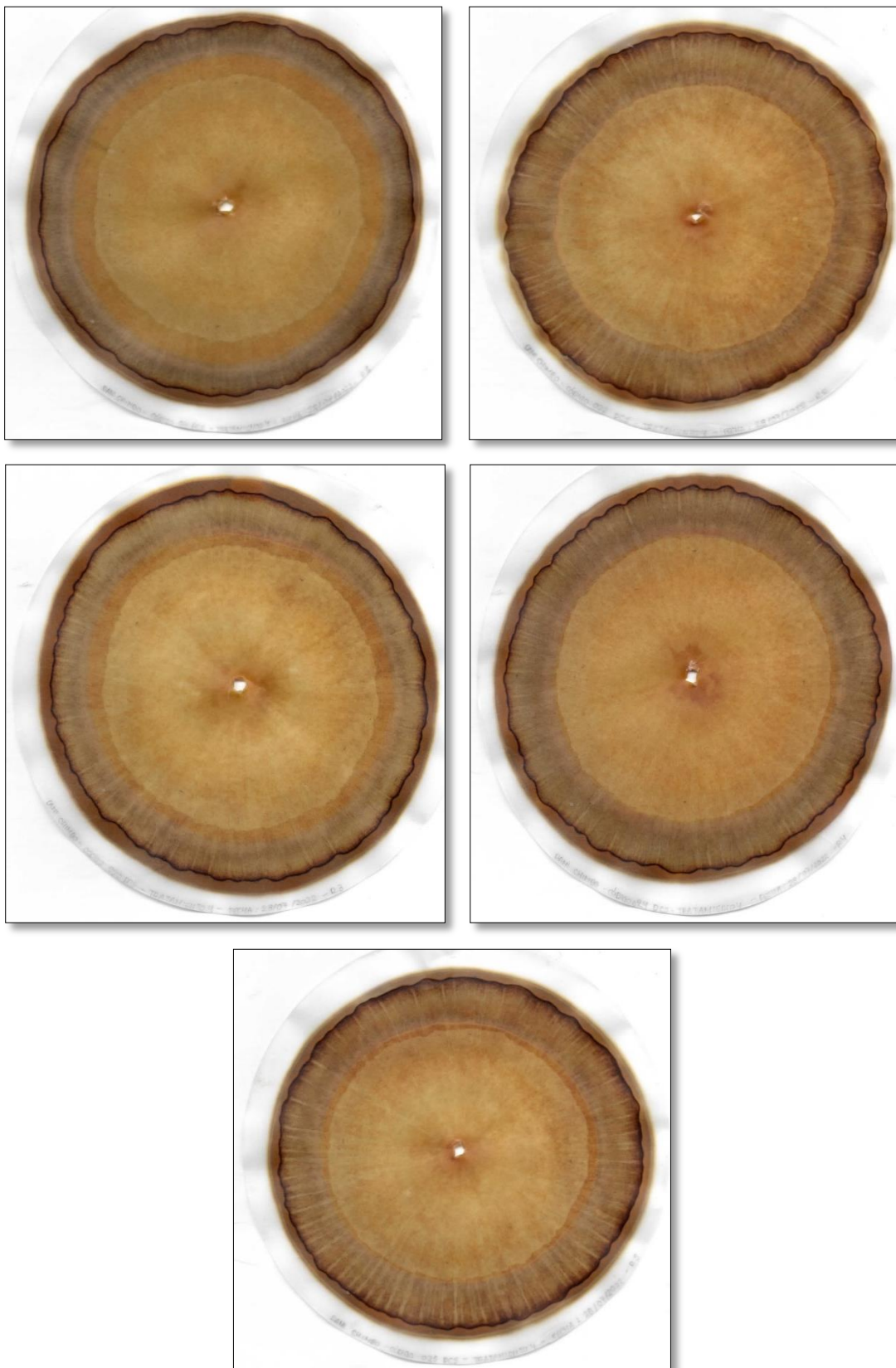
Anexo 8. Cromatogramas de papel del tratamiento dos

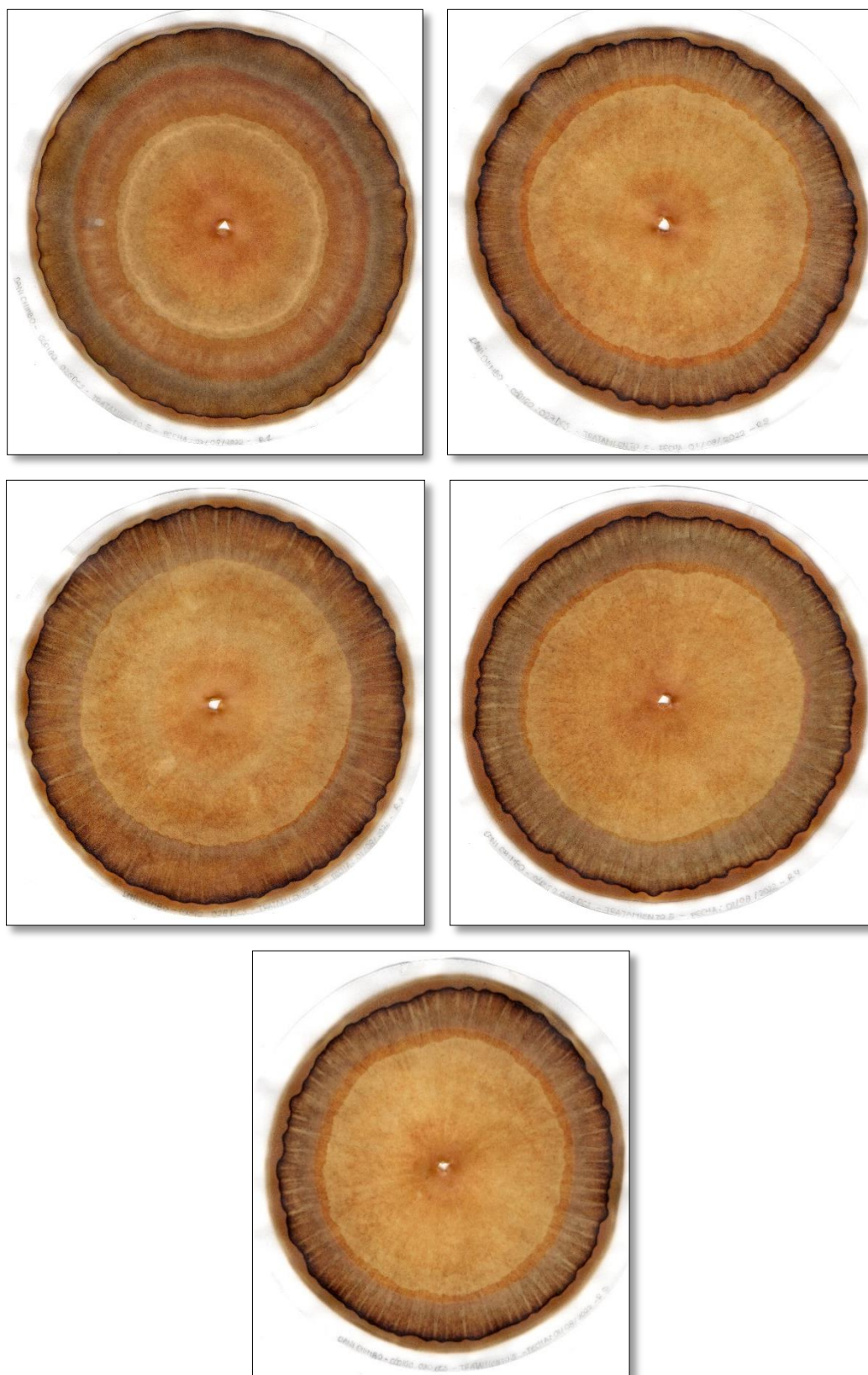


Anexo 9. Cromatogramas de papel del tratamiento tres



Anexo 10. Cromatogramas de papel del tratamiento cuatro



Anexo 11. Cromatogramas de papel del tratamiento cinco

Anexo 12. Análisis de suelo realizado en Agrocalidad del tratamiento cero o control

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E22-0777
 Fecha emisión Informe: 23/06/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Daniela Chimbo

Dirección¹: Av. 10 de Agosto y Pichincha

Provincia¹: Azuay

Cantón¹: Cuenca

Teléfono¹: 0989998420

Correo Electrónico¹: danichimbo6@gmail.com

N° Orden de Trabajo: 01-2022-106

N° Factura/Documento: 003-001-7564

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Barbecho		
Provincia ¹ : Azuay	Coordenadas ¹ :	X: ---
Cantón ¹ : Cuenca		Y: ---
Parroquia ¹ : ---		Altitud: ---
Muestreado por ¹ : Daniela Chimbo		
Fecha de muestreo ¹ : 30-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 10-06-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 10-06-2022	Fecha de finalización de análisis: 23-06-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0929	001-DCSTO	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,03
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,67
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,08
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	43,7
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,75
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	18,96
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3,91
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	56,0
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	7,93
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,06
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,38

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	1,0 - 3,0	0,33 - 0,66	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. 2002


 Firmado electrónicamente por:
 LUIS HUMBERTO
 CACUANGO
 PUMISACHO

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo13. Análisis de suelo realizado en Agrocalidad del tratamiento uno

	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E22-0998
 Fecha emisión Informe: 29/07/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Daniela Chimbo
Dirección¹: 10 de Agosto y Pichincha
Provincia¹: Azuay **Cantón¹:** Cuenca
Teléfono¹: 0989998420
Correo Electrónico¹: danichimbo6@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 01-2022-153
N° Factura/Documento: 003-001-7751

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Barbecho		
Provincia¹: Azuay	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Cuenca		Y: ----
Parroquia¹: Yanuncay		Altitud: ----
Muestreado por¹: Daniela Chimbo		
Fecha de muestreo¹: 11-07-2022	Fecha de inicio de análisis: 20-07-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 20-07-2022	Fecha de finalización de análisis: 29-07-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-1170	002-DCS-T1	Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,20

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Observaciones:

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

PARÁMETRO	N (%)
BAJO	< 0,15
MEDIO	0,15 - 0,30
ALTO	> 0,30

FUENTE: INIAP. 2002



Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliars y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 14. Análisis de suelo realizado en Agrocalidad de los tratamientos dos y tres

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0908
 Fecha emisión Informe: 19/07/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Daniela Chimbo
Dirección¹: Av. 10 de Agosto y Pichincha
Provincia¹: Azuay **Cantón¹:** Cuenca
Teléfono¹: 0989998420
Correo Electrónico¹: danichimbo6@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 01-2022-122
N° Factura/Documento: 003-001-7675

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Barbecho		
Provincia¹: Azuay	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Cuenca		Y: ----
Parroquia¹: Yanuncay		Altitud: ----
Muestreado por¹: Daniela Chimbo		
Fecha de muestreo¹: 27-06-2022	Fecha de inicio de análisis: 06-07-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 06-07-2022	Fecha de finalización de análisis: 19-07-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-1078	004-DCST3	Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,18
SFA-22-1079	003-DCST2	Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,21

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Observaciones:

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA	
PARÁMETRO	N (%)
BAJO	< 0,15
MEDIO	0,15 - 0,30
ALTO	> 0,30

FUENTE: INIAP. 2002



Firmado electrónicamente por:
 LUIS HUMBERTO
 CACUANGO
 PUMISACHO

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliare y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 15. Análisis de suelo realizado en Agrocalidad de los tratamientos cuatro y cinco

	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E22-0960
 Fecha emisión Informe: 26/07/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Daniela Chimbo
Dirección¹: 10 de Agosto y Pichincha
Provincia¹: Azuay **Cantón¹:** Cuenca
Teléfono¹: 0989998420
Correo Electrónico¹: danichimbo6@gmail.com
N° Orden de Trabajo: 01-2022-145
N° Factura/Documento: 003-001-7718

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Barbecho		
Provincia¹: Azuay	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Cuenca		Y: ----
Parroquia¹: Yanuncay		Altitud: ----
Muestreado por¹: Daniela Chimbo		
Fecha de muestreo¹: 04-07-2022	Fecha de inicio de análisis: 13-07-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 13-07-2022	Fecha de finalización de análisis: 26-07-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-1131	005-DCST4	Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,21
SFA-22-1132	006-DCST5	Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,18

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Observaciones:

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA	
PARÁMETRO	N (%)
BAJO	< 0,15
MEDIO	0,15 - 0,30
ALTO	> 0,30

FUENTE: INIAP. 2002



Firmado electrónicamente por:
 LUIS HUMBERTO
 CACUANGO
 PUMISACHO

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliars y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.