



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTAS Y VEGETALES
PRODUCIDOS EN EL CENTRO DE APOYO
MANGLARALTO UPSE, POR EL MÉTODO DE
CROMATOGRAFÍA DE PFEIFFER**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Erli Jesse Arana Luzón

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTAS Y VEGETALES
PRODUCIDOS EN EL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO
UPSE, POR EL MÉTODO DE CROMATOGRAFÍA DE
PFEIFFER**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor/a: Erli Jesse Arana Luzón

Tutor/a: Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinosa, PhD

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ERLI JESSE ARANA LUZON** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 09/12/25



Ing. Lenni Ramírez Flores, MSc
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Idalberto Macías Socarrás, PhD
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Eloy Balmaseda, PhD
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Washington Perero Vera, MSc
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Balmaseda Carlos, por su invaluable apoyo y enseñanzas a lo largo de este proceso, sin su guía y paciencia, este trabajo no se hubiera desarrollado de manera exitosa.

A mis hijas Alisson, Camila y Gianella por ser mi motor de superación y a mi madre Aida Luzón por motivarme día a día a seguir adelante, que todo sacrificio al final de todo tiene una recompensa.

A mi abuelo Genaro Arana, por sembrar en mí los valores de la dedicación, la disciplina y la esperanza. A mi padre Misael Arana por enseñarme ver siempre el lado positivo de cualquier cosa a ser honesto, integro y humilde. Por último, a mis tíos Rene y Cilia, por siempre motivarme, animarme a seguir adelante y recordarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y constancia.

ERLI ARANA LUZON

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo mi amor y agradecimiento, a la memoria de mi amado padre, abuelo, a mi madre, por estar siempre al lado mío, por su confianza total, su paciencia y su confianza en mí incluso cuando yo mismo dudaba. A mis hijas, mi alma, mi máximo estímulo y mi fuerza que me motiva a trabajar todos los días. Cada paso que se da en este camino ha sido por ustedes y para ustedes. A mi familia en especial a mis tíos que ya no están y que desde el cielo siempre me motivan a seguir adelante, por su cariño, sus palabras de aliento y por creer en mí en cada etapa de esta travesía. Y a Dios, por haberme dado fuerza, sabiduría y constancia para llegar hasta aquí.

ERLI ARANA LUZON

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de frutas y vegetales producidos en el Centro de Apoyo Manglaralto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), mediante el método de cromatografía de Pfeiffer. Este método permite analizar de manera precisa la composición química y la presencia de compuestos específicos que influyen en la frescura, el sabor, el valor nutricional y la seguridad de los productos. La evaluación realizada proporcionó información relevante sobre la calidad de los alimentos, contribuyendo a mejorar los procesos de producción, almacenamiento y comercialización. Los resultados obtenidos evidencian la importancia de aplicar técnicas científicas avanzadas para garantizar productos saludables y de alto valor nutricional. Los cromatogramas de los tejidos vegetales de cacao arrojaron que los mismos enfrentan un envejecimiento causado por la deficiencia de micronutrientes, deficiencia que podría verse influenciada por los suelos, los cuales se demostró que no estaban en un buen estado y de hecho afrontaban un proceso de degradación. Los análisis cromatográficos además mostraron que los tejidos de King Grass y nim (*Azadirachta indica*) presentan una baja vitalidad metabólica debido que se observaron zonas pocas definidas y tonalidades pálidas, indicadores de una posible deficiencia nutricional propiciada probablemente por efectos de estrés ambiental o senescencia foliar, cuyo origen se teoriza en condiciones edáficas limitantes y desequilibrios fisiológicos.

Palabras clave: Cromatografía de Pfeiffer, Calidad de frutas y vegetales, Evaluación nutricional, Producción agrícola

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of fruits and vegetables produced at the Manglaralto Support Center of the Santa Elena Peninsula State University (UPSE), using the Pfeiffer chromatography method. This method allows for precise analysis of the chemical composition and presence of specific compounds that influence the freshness, taste, nutritional value, and safety of products. The evaluation conducted provided relevant information on the quality of the food, contributing to improving the production, storage, and marketing processes. The results obtained show the importance of applying advanced scientific techniques to guarantee healthy products with high nutritional value. The chromatograms of cocoa plant tissues showed that they face aging caused by micronutrient deficiency, a deficiency that could be influenced by the soils, which were shown to be in poor condition and in fact faced a degradation process. Chromatographic analyses also showed that the tissues of King Grass and neem (*Azadirachta indica*) have a low metabolic vitality due to the observation of poorly defined areas and pale tones, indicators of a possible nutritional deficiency probably caused by the effects of environmental stress or foliar senescence, whose origin is theorized in limiting edaphic conditions and physiological imbalances.

Keywords: Pfeiffer chromatography, Fruit and vegetable quality, Nutritional evaluation, Agricultural production

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTAS Y VEGETALES PRODUCIDOS EN EL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO UPSE, POR EL MÉTODO DE CROMATOGRAFÍA DE PFEIFFER” y elaborado por **Erli Jesse Arana Luzón**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

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



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Cromatografía	4
1.2 Métodos cromatográficos	4
1.2.1 Fase estacionaria y fase móvil.....	4
1.2.2 Mecanismos de retención.....	4
1.2.3 Elusión.....	4
1.2.4 Detector.....	4
1.3 Tipos de cromatografía	5
1.3.1. Cromatografía en papel	5
1.3.2. Cromatografía de Adsorción	6
1.3.3. Cromatografía de Partición.....	6
1.3.4. Cromatografía en capa fina (CCF)	6
1.3.5. Cromatografía en columna	7
1.3.6. Cromatografía de Intercambio Iónico.....	7
1.3.7. Cromatografía de Exclusión Molecular.....	8
1.4 Uso general de la cromatografía	8
1.5 Fuerzas retardantes	8
1.5.1. Absorción.....	8
1.5.2. Reparto.....	9
1.6 Constante R_f	9
1.7 Elementos para elaboración de cromatografía	9
1.8 Interpretación de cromatografías	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Caracterización del área de estudio	11
2.2 Materiales, equipos y reactivos	11
2.2.1. Material Biológico	11
2.2.2. Material de Campo para colecta de muestra.....	11
2.2.3. Material de Laboratorio.....	11
2.2.4. Reactivos para medios de cultivos	12
2.3 Tipo de investigación	12
2.4 Diseño de investigación	12
2.4.1. Diseño No Experimental	12
2.5 Manejo del ensayo	12
2.5.1. Toma de las muestras	12
2.5.2. Procesamiento de muestras	13
2.5.3. Preparación de los reactivos y papel filtro.....	13
2.5.4. Impregnación y secado del papel filtro.....	14
2.6 Interpretación de lo cromatogramas	14
RESULTADOS	16

3.1	Interpretación de los cromatogramas.....	16
3.1.1.	Cromatogramas de Cacao.....	16
3.1.2.	Cromatogramas de King Grass	28
3.1.3.	Cromatogramas de los árboles de nim.....	34
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
	Conclusiones.....	41
	Recomendaciones	41
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. Cromatograma CA01M02.....	16
Figura 1. Cromatograma CA01M01.....	16
Figura 3. Cromatograma CA02M01.....	18
Figura 4. Cromatograma CA02M02.....	18
Figura 6. Cromatograma CA03M02.....	20
Figura 5. Cromatograma CA03M01.....	20
Figura 7. Cromatograma CASM01	22
Figura 8. Cromatograma CASM02	23
Figura 9. Cromatograma CA01FR01	24
Figura 10. Cromatograma CA02FR01	25
Figura 11. Cromatograma CA03FR01	27
Figura 12. Cromatograma KM01M01.....	29
Figura 13. Cromatograma KM01M02.....	29
Figura 14. Cromatograma KM02M01.....	31
Figura 15. Cromatograma KM02M02.....	31
Figura 17. Cromatograma KM0302	33
Figura 16. Cromatograma KM03M01.....	33
Figura 18. Cromatograma NI01M01	35
Figura 19. Cromatograma NI01M02.....	35
Figura 21. Cromatograma NI02M02.....	37
Figura 20. Cromatograma NI02M01.....	37
Figura 22. Cromatograma NI03M01	38
Figura 23. Cromatograma NI03M02.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntaciones de los cromatogramas	15
Tabla 2. Resultados del cromatograma de la planta CA01M01.....	16
Tabla 3. Resultados del cromatograma de la planta CA01M02.....	17
Tabla 4. Resultados del cromatograma de la planta CA02M01.....	19
Tabla 5. Resultados del cromatograma de la planta CA02M02.....	19
Tabla 6. Resultados del cromatograma de la planta CA03M01.....	20
Tabla 7. Resultados del cromatograma de la planta CA03M02.....	21
Tabla 8. Resultados del cromatograma de la muestra CASM01	22
Tabla 9. Resultados del cromatograma de la muestra CASM02	23
Tabla 10. Resultados del cromatograma de la muestra CA01FR01	24
Tabla 11. Resultados del cromatograma de la muestra CA02FR01	26
Tabla 12. Resultados del cromatograma de la muestra CA03FR01	27
Tabla 13. Resultados del cromatograma de la muestra KM01M01	29
Tabla 14. Resultados del cromatograma de la muestra KM01M02.....	29
Tabla 15. Resultados del cromatograma de la muestra KM02M01	31
Tabla 16. Resultados del cromatograma de la muestra KM02M02.....	32
Tabla 17. Resultados del cromatograma de la muestra KM03M01	33
Tabla 18. Resultados del cromatograma de la muestra KM03M02.....	33
Tabla 19. Resultados del cromatograma de la muestra NI01M01	35
Tabla 20. Resultados del cromatograma de la muestra NI01M02.....	35
Tabla 21. Resultados del cromatograma de la muestra NI02M01	37
Tabla 22. Resultados del cromatograma de la muestra NI02M02.....	37
Tabla 23. Resultados del cromatograma de la muestra NI03M01	39
Tabla 24. Resultados del cromatograma de la muestra NI03M02.....	39

INTRODUCCIÓN

Fue el botánico ruso Mikhail Tsvet (1872-1919) quien, empleó por primera vez el término "cromatografía", derivado del griego *chroma* (color) y *graphos* (escritura). Tsvet, en su incansable búsqueda por comprender los pigmentos vegetales, ideó un ingenioso método en el que empleó columnas de vidrios rellenas de carbonato de calcio o cal finamente dividida. Al hacer pasar una solución de pigmentos a través de estas columnas, los distintos componentes interactuaban de manera diferencial con el adsorbente, separándose en bandas coloridas (Altova, 2021).

En 1906, Tsvet publicó sus resultados en la revista *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, donde introdujo el término "cromatografía" para describir la técnica. Sin embargo, la comunidad científica no le dio mucha importancia en ese momento, ya que era un concepto innovador que no fue comprendido ni ampliamente aceptado hasta décadas más tarde.

La cromatografía se fundamenta en la interacción diferencial de los componentes de una mezcla con dos fases: una estacionaria y otra móvil. La fase estacionaria, que puede ser un sólido o un líquido inmovilizado, actúa como una superficie donde los componentes se absorben con distinta fuerza. Por su parte, en la fase móvil, un fluido que arrastra la mezcla interactúa con los componentes y los desplaza a través de la fase estacionaria. Esta combinación de interacciones genera la separación de los componentes, ya que aquellos que tienen mayor afinidad por la fase estacionaria avanzarán más lentamente, mientras que los que prefieren la fase móvil se desplazarán más rápidamente (Valdes, 2023).

La cromatografía presenta diversas modalidades, cada una adaptada a diferentes tipos de muestras y objetivos analíticos tal como lo indica Yanarico (2023). Entre las más utilizadas se encuentran la cromatografía de columna, donde una fase estacionaria se aloja en una columna vertical y la fase móvil fluye a través de ella; la cromatografía en capa fina (TLC), que emplea una placa recubierta con un adsorbente y un solvente que asciende por capilaridad; la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que utiliza altas presiones para acelerar la separación en una columna empaquetada; la cromatografía de gases (GC), especializada en compuestos volátiles, donde un gas inerte actúa como fase móvil; y la cromatografía de intercambio iónico, que aprovecha las interacciones electrostáticas entre iones y una fase estacionaria cargada (Yanarico, 2023).

La cromatografía es indispensable en diversos campos. En la industria farmacéutica y biotecnológica, esta técnica es fundamental para el desarrollo y control de calidad de medicamentos, así como para la purificación de biomoléculas esenciales en terapias biológicas. En la industria alimentaria, la cromatografía garantiza la seguridad alimentaria al detectar contaminantes y garantizar la calidad nutricional de los productos (Gando, 2024). En el ámbito ambiental, esta técnica es crucial para monitorear la contaminación y evaluar el impacto ambiental de diversas actividades. Además, la cromatografía desempeña un papel vital en la investigación científica al permitir el análisis detallado de compuestos químicos y biológicos. En el campo de la salud pública y la medicina forense, la cromatografía facilita el diagnóstico de enfermedades, la detección de drogas y la identificación de sustancias en muestras de evidencia (Ibáñez, 2024).

Los avances tecnológicos han llevado a la miniaturización y automatización de los sistemas cromatográficos, lo que ha permitido un análisis más rápido y preciso. La combinación de la cromatografía con otras técnicas analíticas, como la espectrometría de masas, ha ampliado aún más su potencial.

El método de cromatografía de Pfeiffer se ha empleado en la evaluación cualitativa de la salud de los suelos, así como de especies vegetales. Su uso se ha extendido debido a que es sencillo de aplicar por los productores agrícolas, puede realizarse a muy bajo costo y sus resultados están científicamente comprobados.

Cuando se utiliza en suelos, este método consiste en impregnar un papel de filtro con una solución de nitrato de plata al 0,5% (constituye la fase estacionaria). La fase móvil es una solución de hidróxido de sodio al 1% que se mezcla con una muestra de suelo. El resultado será un cromatograma que permite apreciar diversas características de los suelos y evaluar de manera cualitativa su calidad.

En el Ecuador existen antecedentes del empleo de la cromatografía de Pfeiffer para el estudio de los suelos (Cabrera & Quiñonez, 2024), sus resultados indican que este método es útil para estudios de calidad a largo plazo y da pautas para proponer medidas de recuperación en suelos degradados, sin embargo, no encontró relación entre los resultados de los cromatogramas y los análisis de laboratorio.

En la provincia de Santa Elena se ha empleado el método del papel (Pfeiffer) para análisis de suelos en la parroquia Colonche, siendo una alternativa más fácil para la utilización de los agricultores nativos del sector (Espinosa, Quevedo y Cercado, 2021), sin embargo, no se han encontrado antecedentes de investigaciones realizadas, en Santa Elena, para evaluar

la calidad de vegetales con el empleo de este método. Por las razones antes expuestas en esta investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación:

Problema científico

¿Es posible conocer la calidad de frutas y otros vegetales con el empleo de la cromatografía de Pfeiffer?

Objetivo General

Evaluar la calidad de frutas y vegetales, producidos en el Centro de Apoyo Manglaralto, con el empleo de cromatografía de Pfeiffer.

Objetivos Específicos

- Determinar la calidad de frutas y vegetales con la cromatografía de Pfeiffer.
- Correlacionar los resultados que presentan los cromatogramas de vegetales con los de suelos del área estudiada.
- Determinar los costos de los análisis mediante el método cromatográfico y los métodos químicos.

Hipótesis

La cromatografía de Pfeiffer es una herramienta funcional que permite la evaluación cualitativa de la calidad de frutas y vegetales a bajos costos para los agricultores de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Cromatografía

Es la técnica más desarrollada en los últimos años, empleada en la química analítica. Su empleo presenta notables ventajas la primera es sencilla, rápida y no requiere aparatos complicados, la segunda abarca escalas microanalíticas hasta escalas industriales y la tercera ventaja notable es una técnica poco o nada destructiva que puede aplicarse a sustancias lábiles. Constituye una metodología imprescindible en estudios bioquímicos, toxicológicos, estructurales, etc. No solo utilizando como técnica de separación e identificación, sino como método preparatorio, incluso a escalas industriales.

En todo proceso cromatográfico la fase móvil es la que provoca un movimiento de las distintas especies para que abandonen el medio soporte, y la fase estacionaria la que suministra el efecto retardador, selectivo para cada componente, que condiciona que cada uno de ellos se desplace con distinta velocidad (I. Smith y J. Feinberg).

1.2 Métodos cromatográficos

1.2.1 Fase estacionaria y fase móvil

Son los componentes fundamentales de un sistema cromatográfico. La fase estacionaria es un sólido o un líquido soportado en un sólido que permanece fijo en el sistema, mientras que la fase móvil es un fluido (gas o líquido) que arrastra a los componentes de la muestra a través de la fase estacionaria.

1.2.2 Mecanismos de retención

Los mecanismos de retención son aquellos componentes de una muestra que se separan debido a las diferentes interacciones que establecen con las fases estacionaria y móvil. Estos mecanismos incluyen adsorción, partición, intercambio iónico y exclusión por tamaño.

1.2.3 Elusión

Es el proceso mediante el cual los componentes de la muestra son arrastrados a través de la columna cromatográfica por la fase móvil.

1.2.4 Detector

Es un dispositivo que detecta los componentes separados a medida que salen de la columna y genera una señal que puede ser registrada y analizada.

1.3 Tipos de cromatografía

1.3.1. Cromatografía en papel

La cromatografía en papel es la técnica de separación e identificación de sustancias químicas mediante un disolvente que se mueve sobre hojas o tiras de papel de filtro. Se toma una pieza de papel de filtro y cerca de uno de sus extremos se deposita una gota de la solución que contiene la mezcla de las sustancias que se quieren separar. Se deja secar la gota y quedará la mancha de las sustancias mezcladas (Faba, 2020). El extremo del papel más próximo a la mancha se introduce en un disolvente apropiado, pero sin que la mancha llegue a introducirse en él. Existen muchos tipos de cromatografía sobre papel, una primera división de las variadas clases podría ser:

Cromatografía ascendente en papel: El disolvente se encuentra en el fondo del recipiente que sostiene al papel y va subiendo a través de él por capilaridad.

Cromatografía descendente en papel: El disolvente está en un recipiente del que cuelga el papel, fluye por él hacia abajo por una combinación de capilaridad y gravedad.

En ambos casos el disolvente avanza a lo largo del papel pasando por encima de la mancha, al avanzar disuelve y arrastra las sustancias de la mancha, cada una de ellas se mueve, por lo general a distinta velocidad que las otras (Faba, 2020). Se deja actuar el disolvente un tiempo determinado, se seca el papel y se observan las sustancias separadas si tienen color, o en caso de no tener color se procede al revelado por una reacción química apropiada. Esta técnica se conoce como cromatografía monodimensional y el papel resultante recibe el nombre de cromatograma monodimensional.

La resultante de las fuerzas de la cromatografía en papel: Cuando el disolvente avanza sobre las manchas de las sustancias, comienzan a actuar dos tipos de fuerzas opuestas: unas que arrastran y otras que retardan. Las fuerzas propulsoras actúan apartando las sustancias de su punto de origen y desplazándolas en dirección del flujo de origen. Las fuerzas retardantes tratan de impedir el movimiento de las sustancias, llevándolas fuera del disolvente que fluye y hacia atrás en el papel (Wentenao, 2023). La distancia recorrida por cada sustancia a partir del origen, en un tiempo dado, es la resultante de estas dos clases de fuerzas.

Fuerzas propulsoras en cromatografía en papel: Cuando se realiza un cromatograma en papel, las fuerzas propulsoras más importantes son: el flujo de disolvente y la solubilidad de cada sustancia en el disolvente.

Flujo del disolvente en cromatografía en papel: Si la sustancia cromatografiada fuera completa e instantáneamente soluble en el disolvente que avanza, por ejemplo, agua y azúcar, y no actuaran fuerzas de retardo la sustancia ascenderá desde el origen hasta dónde llega el diluyente. En cambio, si la sustancia fuera completamente insoluble en el disolvente en movimiento no se movería del origen. La corriente del disolvente es la misma para todas las sustancias de la mancha, así pues, si el disolvente fuese capaz de disolver instantánea y completamente todas las sustancias, estas avanzarían juntas hasta el final de la trayectoria del disolvente y terminaríamos donde empezamos con todas las sustancias juntas.

Solubilidad en cromatografía de papel: Una fuerza diferencial es, en efecto, la solubilidad. Pocas son las sustancias que ofrecen la misma solubilidad en cualquier disolvente. La particular solubilidad de una sustancia en la corriente del disolvente es una fuerza propulsora que tiende a desplazarla, manteniéndola en movimiento a lo largo del papel. (I. Smith y J. Feinberg)

1.3.2. Cromatografía de Adsorción

La cromatografía de absorción separa los componentes de una mezcla basándose en su diferente afinidad por una fase estacionaria sólida (como alúmina o sílice) y una fase móvil líquida. Los componentes más fuertemente atraídos por la fase estacionaria se retienen por más tiempo, permitiendo así su separación. La naturaleza polar o apolar de la fase estacionaria y móvil influye directamente en la retención de los analitos.

1.3.3. Cromatografía de Partición

En la cromatografía de partición, la separación se logra distribuyendo los analitos entre dos fases líquidas que no se mezclan entre sí: una estacionaria y otra móvil (Faraldos, 2021). La polaridad relativa de estas fases determina la retención de los analitos. Existen dos modalidades principales:

Fase normal: La fase estacionaria es polar y la móvil es apolar. Los compuestos polares se retienen más fuertemente.

Fase reversa: La fase estacionaria es apolar y la móvil es polar. Los compuestos apolares se retienen más fuertemente.

1.3.4. Cromatografía en capa fina (CCF)

La cromatografía en capa fina (CCF) funciona de manera similar a la cromatografía en papel, pero ofrece una mayor resolución y versatilidad. En la CCF, una capa delgada de

absorbente polar, como gel, se deposita sobre una placa de vidrio o aluminio. Una pequeña cantidad de la muestra se aplica como una mancha cerca de un extremo de la placa. La placa se sumerge parcialmente en un recipiente que contiene el eluyente (fase móvil). A medida que el eluyente asciende por capilaridad a través de la placa, los componentes de la muestra se separan debido a las diferentes interacciones entre ellos, el absorbente y el eluyente. La elección del absorbente y del eluyente es crucial para lograr una buena separación (Silver, 2020).

1.3.5. Cromatografía en columna

La cromatografía en columna es una técnica versátil que permite separar y purificar compuestos en función de su afinidad por una fase estacionaria y una fase móvil. La fase estacionaria, típicamente un sólido como gel o aluminio se empaqueta dentro de una columna de vidrio o acero inoxidable. La fase móvil, que puede ser un líquido o un gas, se hace pasar a través de la columna, arrastrando consigo los componentes de la muestra (Méndez, 2023).

Dependiendo de las fases involucradas, la cromatografía en columna puede clasificarse en:

Cromatografía sólido-líquido: La más común, utiliza un sólido como fase estacionaria y un líquido como fase móvil. Es ideal para la purificación de compuestos orgánicos.

Cromatografía líquido-líquido: Emplea dos líquidos que no se mezclan, uno como fase estacionaria y otro como móvil. Se utiliza con menos frecuencia.

Cromatografía líquido-gas: Aunque menos común, esta técnica puede emplearse para separar compuestos volátiles utilizando un líquido como fase estacionaria y un gas como fase móvil.

Cromatografía sólido-gas: Similar a la cromatografía de gases, pero utilizando un sólido como fase estacionaria. Se emplea en aplicaciones específicas (Méndez, 2023).

1.3.6. Cromatografía de Intercambio Iónico

Este tipo de cromatografía explota las interacciones electrostáticas entre los analitos ionizados y una fase estacionaria que posee grupos funcionales cargados. Se clasifica en:

Catiónica: La fase estacionaria tiene carga negativa y retiene cationes.

Aniónica: La fase estacionaria tiene carga positiva y retiene aniones (Caceres, 2022).

1.3.7. Cromatografía de Exclusión Molecular

En la cromatografía de exclusión molecular, la separación se basa en el tamaño molecular de los analitos. Una fase estacionaria porosa permite el paso de moléculas grandes, que se extraen primero, mientras que las moléculas pequeñas quedan retenidas en los poros y fluyen más tarde. No hay interacciones químicas o físicas significativas entre los analitos y la fase estacionaria (Valdés, 2022).

1.4 Uso general de la cromatografía

La cromatografía es una herramienta indispensable en diversos campos. Como es en el análisis químico, su capacidad para separar y cuantificar compuestos la convierte en un pilar fundamental en el control de calidad de productos químicos y farmacéuticos, así como en la investigación científica. Permite a los investigadores desentrañar la composición de mezclas complejas, estudiar reacciones químicas y desarrollar nuevos materiales y fármacos. Además, es esencial para comprender procesos biológicos a nivel molecular (Vallejo, 2021).

La cromatografía también desempeña un papel crucial en otros sectores. En la industria alimentaria, se utiliza para garantizar la calidad y seguridad de los alimentos, detectando contaminantes y aditivos no deseados. En el medio ambiente, es esencial para monitorear la contaminación en agua, suelo y aire. En la farmacia, es una técnica indispensable en el desarrollo y análisis de nuevos fármacos. Y en biotecnología, la cromatografía es fundamental para purificar biomoléculas como proteínas y ácidos nucleicos, lo que a su vez permite la producción de medicamentos biológicos y el avance de la investigación biomédica (Castilla, 2024).

1.5 Fuerzas retardantes

Hay también dos fuerzas retardantes principales: la adsorción y el reparto.

1.5.1. Absorción

La celulosa de la que está hecho el papel de filtro, posee propiedades adsorbentes. Las sustancias depositadas en el papel, en cromatografía, pueden ser más o menos absorbidas en el papel. La absorción es otra de las fuerzas diferenciales, esto significa que unas sustancias son absorbidas más que otras y, por consiguiente, la liberación de las sustancias de las manchas variará de una sustancia a otra. Esto contribuye de nuevo a la separación. Mientras que se va realizando el cromatograma, las sustancias más fuertemente absorbidas se van quedando atrás, mientras que las absorbidas con menos fuerza avanzan hacia el frente

(Mengíbar, 2020).

1.5.2. Reparto

La cromatografía se basa, en una medida considerable, en la presencia de dos fases líquidas individualizadas. Una de ellas es la corriente del disolvente circulando por el papel de filtro. La otra es la fase acuosa contenida en el mismo papel de filtro. Una hoja de papel de filtro aparentemente seca contiene entre un 6 y 12% de agua firmemente adherida a la celulosa. Aquí es donde entra en función el reparto (Berdugo, 2022). Cuando una sustancia que es soluble en dos disolventes no mezclados es expuesta al mismo tiempo a ambos, se repartirá entre ellos. La cantidad que se encuentre en cada disolvente dependerá de la relativa solubilidad del soluto en cada uno. El grado de reparto, una vez conseguido el equilibrio, se llama coeficiente de reparto o razón de distribución.

1.6 Constante R_f

El último punto alcanzado por el disolvente en su avance se denomina frente del disolvente. Puede usarse como punto de referencia para expresar las distancias relativas recorridas por las diferentes sustancias en un cromatograma. El símbolo utilizado para designar esta distancia relativa es R_f y se define mediante:

$$R_f = \frac{\text{distancia recorrida por el compuesto desde el origen}}{\text{distancia del origen al frente del disolvente}}$$

Como el denominador es siempre mayor que el numerador en R_f debería ser un decimal. Por razones de conveniencia se suele expresar como un porcentaje. Así un R_f de 50 indicaría que el compuesto avanzó la mitad de la distancia del frente del disolvente (Coa, 2022).

1.7 Elementos para elaboración de cromatografía

Se utiliza papel filtro del número 4 a 15 cm de diámetro marca Whatman, del cual se extraen cuadritos para la elaboración de los pabilos de 2cm x 2cm, cajas Petri de 6 cm de diámetro y taparrosas de plásticos de refrescos, debidamente lavadas, jeringas de 20 y 5 mL, báscula electrónica, mortero de porcelana, aguja de disección, caja de zapatos forrada de papel aluminio, matraz Erlenmeyer de 125 mL de capacidad (Valdés, 2022).

1.8 Interpretación de cromatografías

La interpretación de las cromas tiene fundamento en la experiencia de campo y observaciones realizadas por Ehrenfried Pfeiffer en su libro *Chomatography applied to quality testing*, quienes fortalecieron su trabajo Restrepo y Pinheiro (2011). Así, se trabaja ahora con las herramientas de interpretación entendibles (Valdés, 2022).

La figura impresa en el papel filtro con 3 zonas a saber: zona externa, zona media (denominada como la zona de materia orgánica), y zona interna (que representa a la presencia o falta de mineralización).

Formación de anillo entre la zona media y la zona externa, así como el extremo de esta.

Color de las zonas, un color tenue a mediadamente café, con lunares difuminados, indica una formación de coloides húmicos; radiación violeta indica el incremento de mineralización y una reducida presencia de materia orgánica.

Radiación, número, color y forma de “picos” emergentes. Las radiaciones violetas en la zona interna nuevamente indican el proceso de “ruptura” hacia la mineralización. Las varias fases de la fermentación (primera; descomposición; segunda, formación de humus; tercera, mineralización y descomposición avanzada), son indicadores claramente en la cromatografía de suelos y abonos orgánicos (Restrepo y Piniheiro).

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Apoyo de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, situada en la parroquia Manglaralto, a 50 kilómetros al norte de la cabecera provincial, por la carretera Manta-Salinas, en el cantón Santa Elena. Las coordenadas geográficas son 01°50'32" latitud sur, 80°44'22" longitud oeste, con una altura de 12 msnm.

El área de estudio comprende alrededor de 22,6 ha. distribuidas para la explotación pecuaria y agrícola, y ciertas zonas forestales (Lino, 2019). Según INAMHI (2017), los promedios anuales de los factores climáticos de la zona son los siguientes:

- Precipitación: 385,2 mm
- Temperatura media: 23,4 °C
- Evaporación: 1459,2 mm
- Heliofanía: 112,9 horas.

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1. Material Biológico

Los materiales biológicos seleccionados fueron árboles de Cacao variedad CCN51 de los cuales se usaron sus hojas y frutos, plantas de King Grass morado ubicadas en la estación de pastos del Centro de Apoyo Manglaralto y árboles de nim que crecían de manera natural en el Centro de Apoyo.

2.2.2. Material de Campo para colecta de muestra

- ✓ Fundas plásticas
- ✓ Espátula
- ✓ Cinta adhesiva
- ✓ Marcadores permanentes

2.2.3. Material de Laboratorio

- ✓ Papel filtro No. 4 de 15 cm de diámetro
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Caja Petri de 10 cm
- ✓ Erlenmeyer de vidrio de 125 mL

- ✓ Vaso de precipitación de 125 mL

2.2.4. Reactivos para medios de cultivos

- ✓ Nitrato de plata
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Agua destilada.

2.3 Tipo de investigación

Hernández *et al.* (2014) indican que la investigación cualitativa se basa en recoger y analizar datos con el fin de afinar las interrogantes de la investigación o dicho de otra manera se basa en realidades subjetivas, bajo este concepto esta investigación se trata de una investigación no experimental, de enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo, basada en el análisis de los cromatogramas resultantes de vegetales.

2.4 Diseño de investigación

2.4.1. Diseño No Experimental

Al tratarse de una investigación no experimental la investigación no tuvo un diseño experimental como tal, pero si siguió una metodología asegurar homogeneidad en las muestras a ser analizadas a través de la cromatografía de Pfeiffer, siguiendo el procedimiento planteado por Restrepo y Pinheiro (2011), se buscará que transcurra el menor tiempo posible entre la adquisición de los vegetales a estudiar y la preparación de la muestra con el propósito de obtener los resultados más precisos.

2.5 Manejo del ensayo

2.5.1. Toma de las muestras

Se analizaron tres sitios de muestreo, una parcela de cacao CCN51, una parcela de King Grass morado y un lote de árboles de nim silvestres; en el cacao para la recolección de las muestras de hojas se trazó una línea diagonal a través del campo y se recogieron 10 hojas por árbol de tres árboles al azar dentro de esa línea, las muestras de fruto se hicieron de una manera similar pero en sentido contrario, esta vez recogiendo una mazorca por árbol de tres árboles, finalmente las muestras de suelo fueron tomadas en forma de zigzag recogiendo 10 submuestras de un kilo las cuales fueron regadas sobre un plástico en el cual fueron homogenizadas para luego tres muestras de un kilo para su posterior análisis. En el caso del King Grass se tomó la misma metodología de trazar una línea diagonal a través del campo y

luego escoger tres plantas dentro de esta línea a las cuales se les cortaron 10 hojas por planta; en el caso del nim al no tener una distribución fija se escogieron 3 árboles al azar del cual se escogieron 5 ramillas por árbol.

2.5.2. Procesamiento de muestras

Las muestras fueron secadas de manera natural, para luego ser pasadas a un mortero luego ser molidas las muestras de hojas y de frutos fueron pasadas por un cedazo para ser almacenadas en vasos de precipitados de 10 ml, en el caso del suelo este luego de ser molido fue pasado por un tamiz de una malla de 500 micras, el suelo tamizado finalmente se almaceno separando 5 mg para cada muestra.

2.5.3. Preparación de los reactivos y papel filtro

2.5.1.1 Solución de nitrato de plata

La solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0,5% se preparó disolviendo 0.5 gramos de nitrato de plata en 100 ml de agua destilada. Esta solución es suficiente para impregnar aproximadamente hasta 70 filtros circulares. Para su conservación la solución fue vertida sobre un envase color ámbar y cubierta de papel aluminio esto debido a que el nitrato de plata es compuesto fotosensible y se debe evitar su contacto directo con la luz solar.

2.5.1.2 Preparación del papel filtro

Los papeles filtro utilizados fueron papeles Whatman No. 4 circular, de 15 cm de diámetro. Se hizo una perforación en el centro del papel filtro, con un clavo de acero. El diámetro de la perforación es fundamental, debido a que cuando el orificio es grande, la pajilla no se impregna con buena humedad en el papel filtro, conduciendo a descartarlo. Luego se marcó en el papel filtro a distancia de 4 cm y 6 cm desde el centro unos pequeños agujeros, esto con la ayuda de una aguja de jeringa, con el fin que sirvan de referencia para controlar la humedad cuando los mismos se impregnen de la solución de nitrato de plata e hidróxido de sodio.

2.5.1.3 Solución de hidróxido de sodio

Se preparó la solución de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración del 1%, disolviendo 10 gramos de NaOH puro en 1 litro de agua destilada. La mezcla preparada se colocó en un envase de vidrio con cierre hermético y cubierta de papel aluminio para evitar

su degradación, además se colocó una identificación correspondiente para evitar equivocaciones o accidentes.

2.5.4. Impregnación y secado del papel filtro

Para la impregnación se colocó una tapa rosca dentro de una caja Petri, dentro de la tapa se vertieron 5 ml de la solución de nitrato de plata, luego se colocó con mucho cuidado el papel filtro con un pabilo en su agujero central sobre la caja Petri posicionando el centro papel sobre la tapa rosca, la solución por capilaridad impregno al papel subiendo a través del pabilo y se dejó impregnar hasta que la solución alcanzará la marca de 4 cm, una vez alcanzada se retiró el papel filtro y se guardó en un cartón forrado de plástico negro en donde se dejó reposar por 4 a 5 horas.

Para las muestras a analizar se tomaron 5 gramos en el caso del suelo pulverizado y 5 ml en el caso de los jugos de hojas y frutos a los cuales se les añadió 50 ml de la solución de hidróxido de sodio, luego se realizaron tres agitaciones dejando reposar 15 minutos entre la primera y la segunda agitación, y 45 minutos entre la segunda y la tercera; es necesario mencionar que en el caso de las muestras de hojas están fueron dobles es decir se hicieron dos soluciones por cada muestra.

Inmediatamente después de la tercera agitación se colocaron cinco mililitros de la mezcla sobre una tapa rosca dentro de una caja Petri con el fin de impregnar los papeles filtro previamente preparados con nitrato de plata; así mismo se dejó que la solución humedeciera el papel hasta que alcance la marca de los seis centímetros una vez alcanzada la marca los papeles nuevamente fueron guardados en cajas de cartón cubiertas de un plástico negro en donde se dejaron secar por 10 días. Esto solo se hizo con la mitad de las soluciones de las muestras de hojas; con la otra mitad de las muestras de hojas luego de agitada las soluciones se dejaron reposar 2 horas para su impregnación y finalmente con las muestras de frutos y suelos se siguió la metodología corriente que indica que se debe dejar reposar por seis horas previo a su impregnación.

2.6 Interpretación de lo cromatogramas

Para la interpretación de los cromatogramas se utilizó una metodología adaptada tomando en cuenta la metodología de Martínez *et al.* (2021), la misma que se basa en tres puntos claves:

1. La identificación de las zonas

2. La caracterización de cada zona tomando en cuenta el color de estas, así como otras características como el espesor y los patrones radiales.
3. Evaluación de la calidad de los productos analizados en base a las características vistas.

Este análisis se facilita mediante la aplicación de una escala que va del 1 al 5 teniendo en cuenta que mientras más bajo sea el número más indeseables serán las características observadas de manera que un suelo, un fruto o una hoja sana mostraran puntajes altos. La escala mencionada es presentada en la tabla 1.

Tabla 1. Puntaciones de los cromatogramas

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

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

RESULTADOS

3.1 Interpretación de los cromatogramas

3.1.1. Cromatogramas de Cacao

3.1.1.1 Cromatogramas de la parte vegetal

Se eligieron 3 plantas de cacao para realizarles la prueba de cromatografía sobre su tejido vegetal, en este caso se usaron sus hojas, la prueba fue ejecutada en dos tiempos distintos, la primera se hizo inmediatamente después de ser aplicado el hidróxido de sodio y la segunda dos horas después de haber aplicado el hidróxido de sodio.

Cacao 1

En la figura 1 y 2 se observan los cromatogramas de las muestras CA01M01 y CA01M02



Figura 2. Cromatograma CA01M01



Figura 1. Cromatograma CA01M02

Los resultados de los cromatogramas hechos con una diferencia de dos horas son expuestos en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Resultados del cromatograma de la planta CA01M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 7/6 Amarillo	Circular borde liso	Integración difusa y patrones entrelazados	5
Zona Interna o mineral	2. 10YR 7/3 Marrón muy pálido	Circular con bordes ásperos, pero	Integración abrupta	2

Zona Intermedia o materia orgánica	3.	10YR 5/4 Marrón	claramente definidos Borde exterior con la presencia de rayos puntiagudos	Integraciones difusas y patrones que se entrelazan	5
Zona Externa o enzimática	4.	10YR 8/2 Marrón muy pálido	Terminación en forma de dientes puntiagudos	Integración abrupta	2
Trama radial		Líneas radiales medianas			2
Terminación		Puntiagudos e irregulares			3

Tabla 3. Resultados del cromatograma de la planta CA01M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos	
Zona Central o de oxigenación	1.	2.5Y 8/4 Marrón pálido	No tiene una forma clara	Falta integración	1
Zona Interna o mineral	2.	10YR 6/3 Marrón pálido	Borde exterior puntiagudo	Integración gradual	4
Zona Intermedia o materia orgánica	3.	2.5Y 5/4 Marrón oliva vivo	Circular de bordes casi definidos	Integración clara de patrone	3
Zona Externa o enzimática	4.	2.5Y 7/3 Marrón pálido	Terminaciones irregularmente puntiagudas	Integración clara de patrones	3
Trama radial		Plumas estrechas			3
Terminación		Puntiagudos con derivaciones			3

Durante la primera lectura se observa un centro muy difuso lo que podría indicar que la planta tiene un contenido pobre en metabolitos esto respondería a una inadecuada fertilización o un estrés hídrico, la zona intermedia presenta un anillo de una coloración marrón uniforme, al tratarse de la zona de integración proteica según Kokornaczyk *et al.* (2017) las hojas tendrían un aspecto sano en este caso.

La zona intermedia la cual representa la actividad enzimática si bien presenta rayos simétricos, la coloración de esta es tenue casi grisácea, la zona externa presenta un borde

regular y definido, así como rayos armónicos. En resumen, la primera lectura parecía arrojar una hoja casi sana, pero con ciertos problemas de nutrición.

La zona central presenta una coloración marrón fuerte, pero con una notable desorganización lo que podría indicar que si bien tiene un jugo vegetal rico en metabolitos parecería tener zonas con muerte celular, la zona interna la cual representa a las proteínas, tiene un color marrón pálido el cual tiene un anillo irregular. La zona intermedia tiene una coloración marrón oliva, pero con rayos armónicos señal de que la hoja podría tener zonas que estén empezando a envejecer, por último, la zona externa presenta una notable difusión con la aparición de manchas y varios colores.

En la segunda lectura se puede comprobar, aunque de manera un poco más clara que la hoja tratada presenta una vitalidad media con zonas que están empezando a sufrir necrosis ya sea natural o por acción de algún patógeno por otra parte este envejecimiento podría responder también a una deficiente nutrición mineral, esta lectura es la más cercana a la realidad además tomando en cuenta la metodología de Vera (2025), quien sugiere por lo menos 6 horas de reposo luego de aplicado el hidróxido de sodio, de manera que la segunda lectura tomada a las dos horas sería la más confiable.

Cacao 2

El cromatograma de la muestra CA02M01 y la muestra CA02M02 se observan en la figura 3 y 4.



Figura 3. Cromatograma CA02M01



Figura 4. Cromatograma CA02M02

Los resultados de los cromatogramas hechos con una diferencia de dos horas son expuestos en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Resultados del cromatograma de la planta CA02M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	7.5YR 5/6	Circular con bordes difusos	Integración difusa	5
Zona 2. Interna o mineral	7.5YR 6/6 Amarillo rojizo	Circular con un borde claramente definido	Integración gradual	4
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	10R 8/3 Rosa	Circular con la presencia de un anillo en el borde	Integración abrupta	2
Zona 4. Externa o enzimática	10YR 7/6 Amarillo	Circular, amplio y de dientes abiertos	Integración abrupta	2
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Picos que se abren en forma de manchas			5

Tabla 5. Resultados del cromatograma de la planta CA02M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	10YR 6/8 Amarillo parduzco	Forma casi circular y pequeña	Integración difusa	5
Zona 2. Interna o mineral	2.5 Y 6/4 Marrón amarillento claro	Forma radial con un borde puntiagudo	Integración gradual	4
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	2.5Y 6/6 Amarillo oliva	Forma circular con la presencia de un anillo en el borde	Integración abrupta	2
Zona 4. Externa o enzimática	2.5 5/3 Amarillo oliva claro	Terminación en forma de dientes puntiagudos	Integración abrupta	2
Trama radial	Líneas radiales			3

Teniendo en cuenta que la lectura más acertada es la segunda, la interpretación a de ahora en adelante se hará solo con la segunda lectura para motivos prácticos.

El centro es muy difuso pero tiene un color amarillo parduzco, la zona intermedia parece mostrar un color pardo uniforme en toda su extensión oponiéndose a la lectura anterior donde no se mostraba un marrón uniforme, de manera que se diagnostica que la cantidad nitrógeno en la hoja es la ideal, por otra parte en la zona intermedia se observa un buen desarrollo radial indicador de un metabolismo activo, la periferia presenta una estructura con un borde regular lo que podría terminar por indicar una buena salud de la hoja.

Cacao 3

En la Figura 5 y 6 se muestra los cromatogramas de las muestras CA03M01 y CA03M02.



Figura 5. Cromatograma CA03M02



Figura 6. Cromatograma CA03M01

Los resultados de los cromatogramas hechos con una diferencia de dos horas son expuestos en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Resultados del cromatograma de la planta CA03M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 7.5YR 5/6 Marrón fuerte	Circular con bordes definidos	Integración difusa	5

Zona Interna mineral	2. o	7.5YR 6/8 Amarillo rojizo	Circular con la presencia de un anillo en el borde	Algunos anillos	2
Zona Intermedia materia orgánica	3. o	7.5YR 8/2 blanco rosado	Circular con doble anillo en el borde	Algunos anillos	2
Zona Externa enzimática	4. o	10YR 7/6 Amarillo	Radial con terminaciones irregulares	Integración gradual	4
Trama radial		Ausencia de plumas			1
Terminación		Puntiagudos			2

Tabla 7. Resultados del cromatograma de la planta CA03M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 6/4 Marrón amarillento claro	Pequeño círculo vagamente distinguible	Integración difusa	5
Zona Interna mineral	2. 10YR 7/3 Marrón muy pálido	Forma circular con un ligero borde exterior	Integración gradual	4
Zona Intermedia materia orgánica	3. 10YR 5/6 Marrón amarillento	Forma circular con un ligero anillo en el borde exterior	Algunos anillos	2
Zona Externa enzimática	4. 10YR 4/2 Marrón grisáceo oscuro	Forma radial con terminaciones puntiagudas	Integración gradual	4
Trama radial	Plumas radiales gruesas			5
Terminación	Picos se abren en forma de manchas			5

El centro no es definido y presenta un color marrón apenas perceptible, la zona interna también irregular a pesar de que presenta un color marrón, la zona intermedia tiene rayos armónicos y simétricos además de un color marrón amarillento, finalmente el área externa tiene rayos que acaban en manchas. La lectura final indica una posible ausencia de micronutrientes además de un proceso de envejecimiento de la hoja.

De manera general si bien parecería haber una notable diferencia entre lecturas, al

final la mayoría de las lecturas finales confirman los problemas detectados en las primeras

lecturas. El tejido vegetal analizado muestra si bien una salud regular con un metabolismo activo también muestra signos de envejecimiento y marchitez en ciertas partes de su tejido, además de una posible deficiencia nutricional que parece apuntar más hacia la deficiencia de micronutrientes que hacia la deficiencia de los nutrientes principales y de hecho parece haber una posible sobre fertilización nitrogenada.

3.1.1.2 Cromatogramas del suelo

En la figura 7 se muestra el cromatograma CASM01

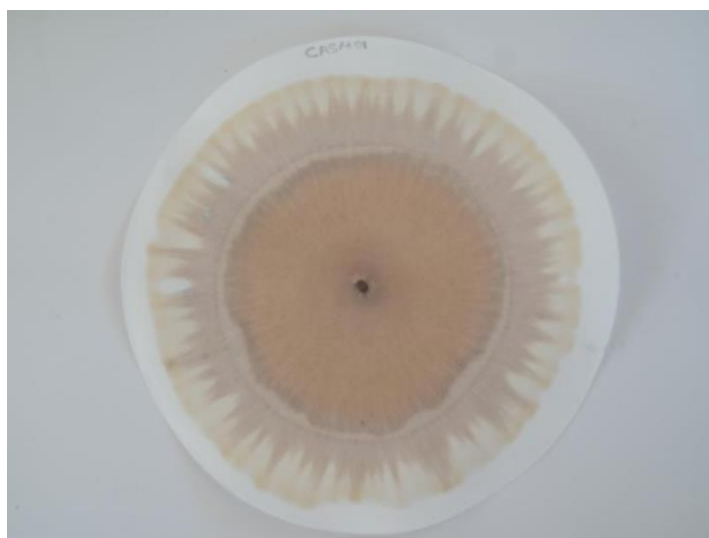


Figura 7. Cromatograma CASM01

Los resultados de los cromatogramas se muestran en las tablas 7 y 8 a continuación:

Tabla 8. Resultados del cromatograma de la muestra CASM01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	2.5Y 5/4 Marrón oliva claro	Pequeño circulo con bordes semidefinidos	Integración gradual	4
Zona 2. Interna o mineral	2.5Y 7/6 Amarillo	Vagamente distingible	Integración difusa	5
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	2.5Y 8/6 Amarillo	Circular con presencia de anillos	Algunos anillos	2

Zona Externa o enzimática	4.	2.5Y 5/6 Marrón oliva claro	Terminaciones en puntas irregulares	Integración gradual	4
Trama radial		Ausencia de plumas			1
Terminación		Puntiagudos			2

La zona central muestra color oscuro pero difuso, la zona interior es difícilmente perceptible, la cual apenas se diferencia de la zona central, la zona intermedia se conecta con armonía con la zona interna y tiene un color amarillo, finalmente la zona exterior tiene una terminación no ideal en dientes puntiagudos.

El suelo analizado con base en los parámetros expuestos por Martínez *et al.* (2021) indica que se trata de un suelo altamente mineralizado y parcialmente destruido con una notable ausencia de materia orgánica y una baja actividad orgánica.

En la figura 8 se presenta el cromatograma de la muestra CASM02.



Figura 8. Cromatograma CASM02

Tabla 9. Resultados del cromatograma de la muestra CASM02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos	
Zona Central o de oxigenación	1.	2.5Y 5/2	Forma	Integración difusa	5
Zona Interna o mineral	2.	Externa o enzimática	Marrón grisáceo	Marrón amarillento	
Zona Intermedia o materia orgánica	3.		2.5Y 6/6 Amarillo oliva		
Zona	4.		10YR 7/6 Amarillo		
			10YR 5/6		

vagamente reconocible Forma		Integración gradual	4
vagamente reconocible Circular con bordes irregulares		Algunos anillos	2
Radial con terminaciones irregulares		Integración gradual	4

Trama radial	Ausencia de plumas	1
Terminación	Puntiagudos con derivaciones	3

La zona central es un color marrón apenas perceptible, la zona interior no se distingue claramente de la zona anterior y de un color amarillo oliva, la zona intermedia es muy fina y posee un color amarillo, finalmente la zona exterior está compuesta por terminaciones no ideales con dientes puntiagudos.

La interpretación arroja un suelo compactado el cual está pasando por un posible proceso de erosión, pero con presencia de materia orgánica en pocas cantidades y la presencia de microorganismos, pero no en diversidad. Ambas muestras de suelo reflejan el mismo problema: un proceso de compactación y erosión, el cual ha comprometido la cantidad de materia orgánica presente en el suelo y la diversidad de los microorganismos de este.

3.1.1.3 Cromatogramas de las mazorcas de cacao

En la siguiente figura 9 se muestra el cromatograma correspondiente a la muestra CA01FR01



Figura 9. Cromatograma CA01FR01

Las mazorcas de igual manera fueron sometidas a la cromatografía de Pfeiffer, los resultados se muestran en las tablas 9, 10 y 11 a continuación:

Tabla 10. Resultados del cromatograma de la muestra CA01FR01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	7.5YR 5/6 Marrón fuerte	Circulas de bordes irregulares	de Integración difusa	5

Zona Interna mineral	2.	10YR 6/6 o Amarillo parduzco	Circular de bordes muy irregulares	Integración gradual	4
Zona Intermedia o materia orgánica	3.	10YR 7/1 Gris o claro	Circular de bordes muy irregulares además de anillos	Algunos anillos	2
Zona Externa enzimática	4.	10YR 5/6 o Marrón amarillento	Circular con puntas cortas	Integración difusa	5
Trama radial		Líneas radiales			3
Terminación		Puntas con derivaciones			3

La zona central presentaba un color marrón oscuro, pero con un halo irregular indicador de posibles infecciones fúngicas o un estado de maduración avanzado, la zona interna presentó un color amarillo parduzco precedente de un contenido adecuado de proteínas y azúcares, en la zona intermedia el halo obtuvo un color grisáceo el cual es sinónimo de una oxidación prematura de los polifenoles finalmente en la zona externa se observó borde difuso.

Las observaciones mencionadas indicarían que la mazorca tiene un contenido nutricional adecuado, pero las mismas están pasando un proceso de sobre maduración, lo cual podría estar provocando procesos fermentativos en su interior, aunque esta interpretación parecería no ser la adecuada debido a que las mazorcas estudiadas no presentaban las situaciones antes nombradas.

En la figura 10 se aprecia el cromatograma de la muestra CA02FR01



Figura 10. Cromatograma CA02FR01

Tabla 11. Resultados del cromatograma de la muestra CA02FR01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 6/8 Amarillo parduzco	Circular de bordes irregulares	Integración difusa	5
Zona Interna o mineral	2. 10YR 7/6 Amarillo	Circular de bordes irregulares además de un fino anillo	Algunos anillos	2
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 7.5YR 7/1 Gris claro	Circular de bordes irregulares además de un fino anillo	Integración gradual	4
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 6/6 Amarillo parduzco	Radial con terminaciones irregulares	Integración abrupta	2
Trama radial	Solo líneas radiales			2
Terminación	Puntas con derivaciones			3

La descripción de la segunda mazorca es muy similar a la primera pues presenta una zona central de un color marrón pero que no se encuentra tan definida, la zona interna es más grande comparada con la zona interior de la muestra CA02FR01, la zona intermedia presenta así mismo un color grisáceo y la periferia se caracteriza por tener un borde difuso el cual tiene terminaciones irregulares.

El diagnóstico de esta mazorca es el mismo que la mazorca anterior, pues posee un contenido de proteínas y azúcares equilibrado, pero la misma afronta un proceso fermentativo avanzado.

En la siguiente Figura 11 se muestra al cromatograma de la muestra CA03FR01.



Figura 11. Cromatograma CA03FR01

Tabla 12. Resultados del cromatograma de la muestra CA03FR01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 7.5YR 6/6 Amarillo rojizo	Circular de borde casi definido	Integración gradual	4
Zona Interna o mineral	2. 7.5YR 6/8 Amarillo rojizo	Circular con anillos en los bordes	Algunos anillos	2
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 2.5Y 7/3 Marrón pálido	Circular con borde definido	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 6/8 Amarillo parduzco	Circular con pequeñas terminaciones	Integración gradual	4
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Puntiagudos			2

El color de la zona central es muy parecido al de las anteriores observaciones, pero este tiene la diferencia de que los bordes son mucho más notorios, la zona intermedia presenta un color amarillo rojizo, mismo indicador de un equilibrio en los nutrientes, la zona externa finalmente posee un borde difuso con un color amarillo parduzco.

Las tres observaciones coinciden en lo mismo, el contenido de proteínas y precursores aromáticos es el ideal y se encuentra en un estado equilibrado; sin embargo, la

cantidad de las mazorcas afronta un proceso de maduración avanzada, el cual podría comprometer el producto final obtenido.

Finalmente, la plantación de cacao analizada muestra varios problemas en cada uno de los objetivos a analizar, pues la cromatografía de Pfeiffer arrojó que las plantas si bien poseen un metabolismo activo estas parecen tener varias hojas con envejecimiento o necrosis, signo probable del ataque de una plaga o enfermedad, además se logró determinar que existe una posible deficiencia de microelementos.

Este problema nutricional se ve reflejado en los recientes análisis de suelo de la extensión Manglaralto, pues los mismos arrojan que la mayoría de los micronutrientes posee un nivel promedio entre bajo a medio, con excepción del Boro el cual tiene niveles altos, por otra parte, los macroelementos si se encuentran en cantidades altas e incluso demasiadas altas como el potasio y el calcio, a diferencia del nitrógeno que se encuentra en bajas cantidades.

La deficiencia de microelementos puede verse fundamentada en el proceso erosivo que parece afrontar el área de cultivo pues los cromatogramas arrojaron problemas de erosión y compactación en el sitio procesos que a su vez influyen en la disponibilidad de materia orgánica y disminuye la diversidad de microorganismos en el suelo, la presencia de procesos erosivos en el Centro de Apoyo Manglaralto se ha documentado de manera reciente pues González (2025) en su estudio pudo encontrar signos de erosión en parcelas de cultivo de limón, yuca y pastos comparándolos con suelo preservados del bosque seco tropical de la zona.

3.1.2. Cromatogramas de King Grass

En el King Grass se realizó la misma práctica de tomar dos mediciones distintas, una inmediatamente después de haber aplicado el hidróxido de sodio y la siguiente dos horas después, pero en esta especie solo se realizaron cromatogramas de los tejidos vegetales del pasto.

King Grass morado 1

En las figuras 12 y 13 se presentan los cromatogramas de las muestras KM01M01 y KM01M02.



Figura 12. Cromatograma KM01M01

Figura 13. Cromatograma KM01M02

A continuación, se muestra la descripción de los cromatogramas de la planta KM01M01 en las tablas 13 y 14.

Tabla 13. Resultados del cromatograma de la muestra KM01M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 5/6 Marrón amarillento	Circular con bordes definidos	Integración difusa casi	5
Zona Interna o mineral	2. 10YR 7/8 Amarillo	Circular con bordes desvanecidos	Integración clara de patrones	3
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 10YR 7/1 Gris claro	Casi circular con presencia de un anillo fino en el borde	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 6/6 Amarillo parduzco	Radial con terminaciones irregulares	Integración gradual	4
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Picos que se abren en forma de manchas			5

Tabla 14. Resultados del cromatograma de la muestra KM01M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	10YR 4/1 Gris oscuro	Casi circular	Integración gradual	4
Zona 2. Interna o mineral	10YR 6/2 Gris parduzco claro	Circular con bordes ásperos	Integración abrupta	2
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	10YR/ 5/4 Marrón amarillento	Circular con bordes definidos	Integración clara de patrones	3
Zona 4. Externa o enzimática	10YR 5/2	Radial con terminaciones largas	Integración clara de patrones	3
Trama radial	Plumas estrechas			3
Terminación	Picos se abren en forma de puntos			4

Si bien se observa un color gris, la zona central no está muy delimitada; la zona interna posee un aspecto irregular apenas visible, mientras que la zona intermedia tiene un color marrón amarillento, pero con una radiación bastante perceptible. Finalmente, la zona externa posee terminaciones irregulares y con manchas en sus puntas.

En este cromatograma la visión es más clara, las hojas de planta 1 de King Grass morado poseen un notable deterioro metabólico posiblemente causado por la ausencia de nutrientes que para este caso serían tanto nutrientes esenciales como micronutrientes.

King Grass Morado 2

Los cromatogramas son mostrados a continuación, en la figura 14 y 15:



Figura 14. Cromatograma KM02M01



Figura 15. Cromatograma KM02M02

En las tablas 15 y 16 se muestran los resultados de los cromatogramas:

Tabla 15. Resultados del cromatograma de la muestra KM02M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 4/6 Marrón amarillento oscuro	Casi circular con bordes irregulares	Integración difusa	5
Zona Interna o mineral	2. 10YR 7/6 Amarillo	Circular con bordes apenas apreciables	Integración gradual	4
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 10YR 7/3 Marrón muy pálido	Circular con bordes bien definidos y la presencia de anillos	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 6/8 Amarillo parduzco	Forma radial con pequeñas terminaciones	Integración gradual	4
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Ausencia se picos conectados a plumas			1

Tabla 16. Resultados del cromatograma de la muestra KM02M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 6/3 Marrón pálido	Casi circular con bordes difusos	Integración difusa	5
Zona Interna o mineral	2. 2.5Y 7/4 Marrón pálido	Circular con bordes difusos	Integración difusa	5
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 2.5Y 7/3 Marrón pálido	Circular con bordes definidos	Integración abrupta	2
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 5/2 Marrón grisáceo	Radial con puntas prominentes	Integración gradual	4
Trama radial	Plumas estrechas			3
Terminación	Puntiagudos con derivaciones			3

La zona interna posee un centro y una zona intermedia indiferenciables con un color marrón pálido un poco más oscuro que el de la zona intermedia, la misma que tiene unas prominentes radicaciones. Finalmente, la zona externa tiene un borde definido, pero con terminaciones muy irregulares.

Las hojas analizadas de la planta 2 corresponden a las que están pasando por un proceso de envejecimiento el cual puede verse explicado por una incorrecta fertilización de las parcelas de King Grass.

King Grass Morado 3

Los cromatogramas son mostrados a continuación en las figuras 16 y 17.



Figura 17. Cromatograma KM03M01



Figura 16. Cromatograma KM0302

El resultado de los cromatogramas es mostrado en las tablas 16 y 17

Tabla 17. Resultados del cromatograma de la muestra KM03M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 7.5YR 5/4 Marrón	Similar a un círculo son bordes muy irregulares	Integración abrupta	2
Zona Interna o mineral	2. 7.5YR 7/6 o Amarillo rojizo	Circular con bordes difusos	Integración difusa	5
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 7.5YR 7/2 Gris rosáceo	Circular con bordes definidos	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4. 7.5YR 6/4 Marrón claro	Circular con un borde irregular	Integración gradual	4
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Ausencia de picos			1

Tabla 18. Resultados del cromatograma de la muestra KM03M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
-------	---------	-------	-------------	--------

Zona Central o de oxigenación	1.	10YR 6/1 Gris	Muy irregular		Integración difusa	5
Zona Interna mineral	2.	2.5Y 7/4 Marrón pálido	Circular definida	no	Integración difusa	5
Zona Intermedia o materia orgánica	3.	2.5Y 8/1 Blanco	Circular bordes definidos	con	Integración abrupta	2
Zona Externa enzimática	4.	10YR 5/2 Marrón grisáceo	Radial terminaciones en punta	con	Integración gradual	4
Trama radial		Líneas radiales				3
Terminación		Puntiagudos con derivaciones				3

El cromatograma muestra un borde no definido en la parte central, así como una zona interna indistinguible, la zona intermedia tiene un color blanco mientras la periferia tiene un borde definido con terminaciones irregulares. Las hojas de esta planta no parecen tener la nutrición suficiente en base a las interpretaciones dadas.

En base a los tres cromatogramas analizados se puede determinar que la parcela estudiada sufre de una deficiente fertilización la cual ha provocado que muchos de sus tejidos vegetales hayan empezado a envejecer de manera prematura, además en algunos cromatogramas se observa una acumulación de polifenoles es decir que la resistencia al estrés está aumentando probablemente como una respuesta de emergencia de la planta ante condiciones adversas.

3.1.3. Cromatogramas de los árboles de nim

La prueba de cromatografía fue aplicada también a las hojas de tres árboles de nim y de igual manera se hicieron dos lecturas, una hecha inmediatamente después de haber aplicado el peróxido de hidrógeno y la siguiente dos horas después.

Nim 1

En las figuras 18 y 19 se muestran los cromatogramas de las muestras NI01M01 y NI01M02



Figura 18. Cromatograma NI01M01



Figura 19. Cromatograma NI01M02

Los cromatogramas correspondientes a la primera planta evaluada se muestran a continuación, en las tablas 18 y 19:

Tabla 19. Resultados del cromatograma de la muestra NI01M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 10YR 5/6 Marrón amarillento	Circular pequeña	Integración difusa	5
Zona Interna o mineral	2. 10YR 7/8 Amarillo	Circular con bordes difusos	Integración gradual	4
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 7.5YR 7/2 Gris rosáceo	Circular con bordes difusos	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4. 7.5YR 6/6 Amarillo rojizo	Circular con algunas terminaciones	Integración difusa	5
Trama radial	Ausencia de plumas			1
Terminación	Puntiagudos con derivaciones			3

Tabla 20. Resultados del cromatograma de la muestra NI01M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
-------	---------	-------	-------------	--------

Zona Central o de oxigenación	1.	7.5YR 4/2 Marrón	Casi circular	Integración difusa	5
Zona Interna mineral	2.	10YR 6/6 Amarillo parduzco	Circular con bordes definidos	Integración abrupta	2
Zona Intermedia o materia orgánica	3.	10YR 7/3 Marrón muy pálido	Circular con bordes definidos	Integración abrupta	2
Zona Externa o enzimática	4.	10YR 9/1 Blanco	Radial con terminaciones irregulares	Integración abrupta	2
Trama radial	L í n e a s radiales y plumas estrechas				3
Terminación	P í c o s se abren en forma de manchas				5

En la segunda lectura la zona central se mantiene de color marrón y sin una clara definición, mientras la zona interna tiene un doble tono en su coloración, la zona intermedia se mantiene con un color pálido, pero ahora se trata un color marrón muy pálido, finalmente el borde de la zona externa es irregular y presenta unas terminaciones en forma de nubecillas.

La segunda lectura confirma el diagnóstico de que se trata de una planta que está pasando por una infección o de un envejecimiento en una o varias hojas, este envejecimiento se podría tener su causa en una deficiencia de nutrientes esenciales, lo cual es bastante raro tratándose de un árbol silvestre.

Nim 2

En las siguientes figuras, 20 y 21, se observan los cromatogramas de las muestras NI02M01 y NI02M02



Figura 21. Cromatograma NI02M01



Figura 20. Cromatograma NI02M02

Los resultados de los cromatogramas son mostrados en las tablas 21 y 22, a continuación:

Tabla 21. Resultados del cromatograma de la muestra NI02M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 5YR 4/3 Marrón rojizo	Circular con bordes difusos	Integración gradual	4
Zona Interna o mineral	2. 2.5YR 6/6 Rojo claro	Circular con bordes definidos	Integración abrupta	2
Zona Intermedia o materia orgánica	3. 2.5YR 7/2 Rojo Pálido	Circular con bordes definidos	Integración abrupta	2
Zona Externa o enzimática	4. 10YR 7/6 Amarillo	Radial con terminaciones irregulares	Integración abrupta	2
Trama radial	Solo líneas radiales			2
Terminación	Puntiagudos			2

Tabla 22. Resultados del cromatograma de la muestra NI02M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona Central o de oxigenación	1. 5YR 5/1 Gris	No definida	Integración abrupta	2

Zona Interna mineral	2.	7.5YR 7/6 o Amarillo rojizo	Circular con bordes ondulados	Integración abrupta	2
Zona Intermedia o materia orgánica	3.	7.5YR 7/3 o Rosa	Circular con bordes ondulados	Algunos anillos	2
Zona Externa o enzimática	4.	10YR 5/2 o Marrón grisáceo	Racial con pequeñas terminaciones	Integración gradual	4
Trama radial		Ausencia de plumas			1
Terminación		Ausencia de picos conectados con plumas			1

La segunda lectura correspondiente al segundo árbol muestra un centro distinguible de color Gris, pero con un borde demasiado irregular, la bitonalidad nuevamente se aprecia en la zona interna, mientras que la zona intermedia además de un color rosa muestra un anillo marrón en su límite, por último, el borde de la periferia está definido, pero tiene terminaciones irregulares.

El árbol de nim estudiado presenta una posible enfermedad del tipo fúngica o bacteriana en su tejido vegetal, a pesar de que también se maneja la hipótesis de que trata de un envejecimiento generalizado de estos tejidos.

Nim 3

En las figuras 22 y 23 se observan los cromatogramas correspondientes a las muestras NI03M01 y NI03M02.



Figura 22. Cromatograma NI03M01



Figura 23. Cromatograma NI03M02

Los resultados correspondientes a la tercera planta son mostrados en las tablas 23 y 24 a continuación:

Tabla 23. Resultados del cromatograma de la muestra NI03M01

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	7.5YR 6/6 Amarillo rojizo	Circular con bordes definidos	Integración gradual	4
Zona 2. Interna o mineral	5YR 6/8 Amarillo rojizo	Circular con presencia de anillos	Algunos anillos	2
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	5YR 7/3 Rosa	Circular con presencia de anillos	Algunos anillos	2
Zona 4. Externa o enzimática	10YR 6/6 Amarillo parduzco	Radial con terminaciones cortas	Integración gradual	4
Trama radial	Solo líneas radiales			2
Terminación	Picos se abren en formas de manchas			5

Tabla 24. Resultados del cromatograma de la muestra NI03M02

Zonas	Colores	Forma	Integración	Puntos
Zona 1. Central o de oxigenación	7.5YR 5/1 Gris	No definida	Integración difusa	5
Zona 2. Interna o mineral	10YR 7/4 Marrón muy pálido	No definida	Integración difusa	5
Zona 3. Intermedia o materia orgánica	Externa o enzimática	10YR 7/3 Marrón muy pálido	Marrón amarillento	
Zona 4.	ca	10YR 5/4		

Circular Integración
d difusa 5
e bordes
irregulares

Radial Integración
co gradual 4
n
terminacione
s

Trama radial	Plumas estrechas	3
Terminación	Puntiagudos con derivaciones	3

La lectura final del último árbol es muy diferente a las anteriores pues en casi no se distinguen las zonas centrales, internas e intermedias donde la zona central es apenas una mancha gris y la aparente zona intermedia tiene un anillo en su borde, la única zona diferenciable es la zona externa con un borde apenas distinguible y terminaciones irregulares.

Este último cromatograma deja las coas más claras y descarta la posibilidad de una posible infección, pues los signos parecen tratarse más de un tejido con poca vitalidad debido a un envejecimiento, este envejecimiento es producto de un estrés ya sea hídrico o por un suelo pobre, esta última opción podría ser aceptada de comprobarse que en el sitio de muestreo existe un proceso erosivo como el encontrado en la plantación de cacao.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En base a las interpretaciones de los cromatogramas los vegetales analizados presentan signos que responden a un estrés ambiental este podría ser un estrés hídrico o debido a un suelo pobre el cual al menos para el cacao se determinó que se trataba de un proceso erosivo, por otra parte, los frutos no parecen tener mayor complicación más allá de una evidente sobre maduración.

Los cromatogramas de los tejidos vegetales de cacao arrojaron que los mismos enfrentan un envejecimiento causado por la deficiencia de micronutrientes, deficiencia que podría verse influenciada por los suelos, los cuales se demostró que no estaban en un buen estado y de hecho afrontaban un proceso de degradación.

Los análisis cromatográficos además mostraron que los tejidos de King Grass y nim (*Azadirachta indica*) presentan una baja vitalidad metabólica debido que se observaron zonas pocas definidas y tonalidades pálidas, indicadores de una posible deficiencia nutricional propiciada probablemente por efectos de estrés ambiental o senescencia foliar, cuyo origen se teoriza en condiciones edáficas limitantes y desequilibrios fisiológicos.

Recomendaciones

Se recomienda hacer un nuevo análisis de carácter químico a los lotes usados en este ensayo, además de un incluir un análisis de suelo para cada lote, esto con el fin de validar los resultados encontrados a través de los cromatogramas y una vez validado aplicar las medidas necesarias, como podrían ser fertilizar de manera edáfica a los cultivos con los micronutrientes necesarios, así como permiten la formación de una capa vegetal que cubra el suelo con el fin de evitar la erosión hídrica.

BIBLIOGRAFÍA

- Altova, 2021. *Mikhail S. Tsvet, pionero de la cromatografía, cumple 150 años desde su nacimiento*.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-021-01804-z>
- Berdugo, B. H., 2022. Desarrollo de un método analítico para la determinación de trihalometanos (THMs) en muestras de agua empleando un dispositivo impreso en 3D para extracción in situ y cromatografía de gases con detector de captura de electrones.
<https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/162328>
- Cabrera, R. & Quiñonez, L., 2024. Evaluación de la calidad del suelo utilizando cromatografía de pfeiffer en el “Recinto Chial” Cantón 24 de Mayo.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6654>
- Caceres, C., 2022. *Análisis del ion citrato como eluyente en la separación de Lu+3 EYb+3 por cromatografía del intercambio iónico*. [En línea]
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UUNI_45353188963dec73ce769b8be6da6f94
- Castilla, D., 2024. Análisis multiresiduo de medicamentos veterinarios en muestras de leche mediante cromatografía de líquidos de elevada eficacia acoplada a espectrometría de masas en tándem. [En línea]
Available at: <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/21345>
- Coa, M., 2022. *Determinación de la capacidad antioxidante in vitro del fruto Quararibea cordata Zapote*. [En línea]
Available at: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/3caf5728-0b24-4141-b1f5-2b336949a85c>
- Espinosa, C.E.B., Quevedo-Pinos, N. y Cercado-Quiñonez, E. (2021) «EVALUACIÓN CUALITATIVA DE SUELOS DE LA PARROQUIA COLONCHE MEDIANTE CROMATOGRFÍA DE PFEIFFER», *Revista Pertinencia Académica*. ISSN 2588-1019, 5(4), pp. 65-83.
- Faba, A., 2020. *CROMATOGRFÍA EN PAPEL COMO TÉCNICA DE SEPARACIÓN DE MEZCLAS*. [En línea]
Available at: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/resbam/article/view/6553>
- Faraldos, M., 2021. *Técnicas de análisis y caracterización de materiales*. [En línea]
Available at: <https://www.torrossa.com/en/resources/an/5062608#page=809>
- Gando, L., 2024. Evaluación de las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la adición de ficocianina proveniente de espirulina (*Arthrospira platensis*) en la producción de cerveza artesanal. [En línea]
Available at: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28760>
- Ibáñez, Y., 2024. *SITUACIÓN DE LOS ENVENENAMIENTOS DE FAUNA EN EXTREMADURA Y APLICACIÓN DE NUEVAS METODOLOGÍAS ANALÍTICAS EN SU DIAGNÓSTICO*. [En línea]
Available at:
https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/20634/1/TDUEX_2024_Ib%C3%A1%C3%B1ez_Pernia.pdf
- Lino Suárez, J. L. (2019) *COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO UPSE*. Tesis de grado. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Available at:
<https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4993/UPSE-TIA-2019-0025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez, A., 2023. *CROMATOGRAFÍA DE CAPA FINA Y DE COLUMNA*. [En línea]
Available at:
https://ru.cuautitlan.unam.mx/bitstream/123456789/302/1/FESC_Q_2023_10.pdf

- Mengíbar, R., 2020. DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRIORITARIOS Y EMERGENTES EN AGUAS SUPERFICIALES MEDIANTE CROMATOGRAFÍA ACOPLADA A ESPECTOMETRÍA DE MASAS.. [En línea]
Available at: <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/12269>
- Silver, J., 2020. *Let Us Teach Proper Thin Layer Chromatography Technique!*. [En línea]
Available at: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00437>
- Valdés, C. A., 2022. Caracterización del polirribosilribitol fosfato por cromatografía de exclusión molecular de alta eficacia con detección ultravioleta. [En línea]
Available at: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=115340>
- Valdes, M., 2023. Cromatografía en papel en hojas de zapallo (Cucurbita moschata), tomate (Solamun lycopersicum) y habichuela (Phasealus vulgaris). [En línea]
Available at: <https://doi.org/10.22490/ECBTI.6873>
- Vallejo, Y., 2021. *La cromatografía en capa fina: una alternativa vigente en la industria farmacéutica*. [En línea]
Available at: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/23788>
- Wentenao, A., 2023. Uso de cromatografía en papel para el análisis de propiedades del suelo en bosques de Prosopis Caldenia bajo diferentes manejos en la reserva natural Parque Luro. [En línea]
Available at: <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/8927>
- Yanarico, R., 2023. Obtención y caracterización del colorante amarillo (Luteolina) a partir de las flores de retama (Spartium junceum L.) para el teñido de fibras textiles.. [En línea]
Available at: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/32837>

ANEXOS

Anexo 1 Colocación de papel filtro en la solución de aluminio Anexo 2 Muestras de Nin y Cacao



Anexo 3 Reactivos ,Nitrato de plata , Hidróxido de sodio, Agua destilada



Anexo 4 Cromatografía de Cacao, King Grass y Nin

