

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Análisis de suelo y sus relaciones para una producción sana, por el método de cromatografía en papel.

Por:

OSWALDO HERNÁNDEZ GODÍNEZ

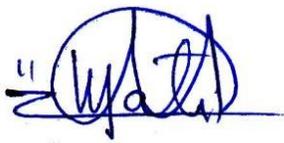
TESIS

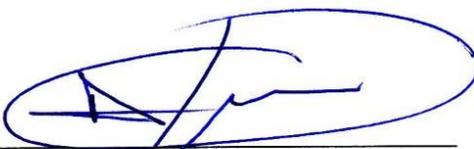
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


M. C. Eduardo Blanco Contreras
Presidente


M. C. Víctor Martínez Cueto
Vocal


Dr. Alfredo Ogaz
Vocal


M. Sc. Emilio Duarte Ayala
Vocal Suplente


M. C. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Análisis de suelo y sus relaciones para una producción sana, por el método de cromatografía en papel.

Por:

OSWALDO HERNÁNDEZ GODÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M. C. Eduardo Blanco Contreras
Asesor Principal


M. C. Víctor Martínez Cueto
Coasesor


Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor


M. Sc. Emilio Duarte Ayala
Coasesor


M. C. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2018

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es fruto de esfuerzos colectivos, sin los cuales la culminación del mismo no se habría concretado. A esas personas cercanas que motivan día a día, con unas palabras de aliento, consejos, regaños y ánimos en general. A Jordi Josué Ruiz Angelina, Jesús Rodolfo Vázquez Contreras, Mónica Victoria Zambrano, Abimael Leal Pérez, Brenda Lizeth Ríos Vázquez, Mayela Patricia Godínez Rodríguez, Gabino Hernández Matamoros, Gabino Hernández Godínez, María Guadalupe Godínez Rodríguez, Guadalupe Rodríguez Ramírez, Gerardo Godínez Rodríguez, Gabriel Alejandro Méndez Hernández, Eduardo Blanco Contreras, María Mercedes Sáenz López, Gianeya Maryiel Bautista Arce, Yael Arce Cortés, Alejandro Moreno Resendez, Adalberto Ortiz Hernández, Carlos Arturo, Oralia del Rosario Godínez Montoya, Felipe Ortíz Hernández; Adalberto Ortíz Toxqui, Armando de Axocoapan, Ana Laura Nava Castillo, Luis Gonzales Rosas, Tomohiro Naganuma, Kodi Lee Jackson, Maren Paren, Alfredo Ogaz, Emilio Duarte Ayala, Don Victor, Doña Adelina, Martín Villegas, Jairo Restrepo Rivera, Sebastiao Pinheiro y a ti querida (o) lectora (lector), por tomar un instante en leer la presente. A ti vida por ser tan buena conmigo que a pesar de la dureza en algunas situaciones nunca me has dejado solo, siempre alentando en volver a intentar cuando las caídas suceden. Por su puesto a ti dios.

DEDICATORIA

Para ti mi hermosa familia, este presente es uno de tantos, tenerlos es lo mejor que puede haber.

Para mis amigos y conocidos, en algunos casos interactué quizá brevemente con algunos y más con otros, de cualquier modo son maravillosas personas, gracias.

A las personas que se entregan día con día en las labores del campo por dar alimentos sanos a sus semejantes.

A Adalberto Ortiz Hernández, por demostrarme que el camino que necesitaba está volteando la mirada a más posibilidades.

Y a ti que lees esto, lejos de los bombardeos de la sociedad por competir y destrozarse a tu espejo, trabajas en ello por no dejarte envolver y sacar a luz tu verdadero ser, el cual reparte amor por doquier.

RESUMEN

Con el fin de conocer como se desempeña la cromatografía en papel para análisis de calidad del suelo, se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en septiembre del 2017, una comparativa por medio de esta técnica con diferentes muestras, suelo previo a un cultivo, suelo posterior al cultivo con la aplicación de abono tipo bocashi, abono tipo bocashi y parcela experimental de Agroecología, con tres repeticiones para cada muestra, los sitios correspondientes ubicados en el campo experimental del campus. Cada cromatograma mostró patrones de coloración e integración de áreas distintas cualitativamente, posteriormente fue analizado comparativamente con las imágenes, las áreas y los pesos. Mostrando estas una diferencia significativa entre cada una de las muestras. Lo que indica el contraste con los análisis de suelos convencionales que se emplean actualmente, al mostrar la diversidad de condiciones que ocurren en cada proceso agrícola. Finalmente se realizó una comparativa de los costos de dicha técnica evidenciando la accesibilidad y alta utilidad para quien no tiene acceso a un laboratorio de suelos.

Palabras clave: Calidad, Suelo, Cromatografía, Papel, Diversidad.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1 Cromatografía en papel, historia y desarrollo	3
2.1.1 Interpretación de cromatografías	7
2.2 Suelo.....	9
2.2.1 Influencia de macro y micro biota en el suelo	12
2.3 La vida en el suelo.....	13
2.3.1 Hongos	14
2.3.2 Bacterias	16
2.3.3 Nematodos.....	18
2.3.4 Amebas	18
2.3.5 Algas	18
2.4 Bocashi.....	20
3. Materiales y Métodos	22
3.1 Ubicación del área de estudio	22
3.2 Elementos para elaboración de cromatografía	25
3.3 Evaluación de cromatografías	32
3.3.1 Comparativa de costos.....	33
4. Resultados	34
4.1 Análisis cualitativo	34
4.2 Análisis de varianza	38
4.3 Costos de análisis	45

5. Discusión.....	46
6. Conclusión	49
7. Literatura citada	50
8. Anexo.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos	39
Cuadro 2. Análisis de varianza área mineral	40
Cuadro 3. Análisis de varianza área protéica	41
Cuadro 4. Análisis de varianza área enzimática	42
Cuadro 5. Análisis de varianza peso zona mineral	43
Cuadro 6. Análisis de varianza peso zona proteica	43
Cuadro 7. Análisis de varianza peso zona enzimática	44

Grafica 1. Relación Área mineral.....	39
Grafica 2. Relación area protéica	40
Grafica 3. Relación area enzimática	41
Grafica 4. Relación peso zona mineral.....	42
Grafica 5. Relación peso zona proteica.....	43
Grafica 6. Relación peso zona enzimática.....	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Apreciación de las diferentes zonas de la cromatografía y su relación (fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)	8
Figura 2. Separación de las diferentes zonas en una cromatografía perteneciente a un abono orgánico en proceso de elaboración (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)	9
Figura 3. Localización de la parcela muestreada (fuente: Google Earth Pro, 2017)	22
Figura 4 Recolección de rastrojo para elaboración de bocashi	23
Figura 5 Recolección de harina de rocas	24
Figura 6. Elaboración de abono fermentado tipo bocashi	24
Figura 7. Tamizado de la muestra	26
Figura 8. Solución de hidróxido de sodio con la muestra	26
Figura 9. Perforación de papel filtro para cromatografía	27
Figura 10. Elaboración de pabilos capilares	27
Figura 11. Delimitación del recorrido de las sustancias	28
Figura 12. Vista longitudinal de papel filtro con pabilo	28
Figura 13. Cámara de secado y revelado para el reactivo nitrato de plata	29
Figura 14. Extracción del sobrenadante de la muestra que se va a analizar	29
Figura 15. Colocación de extracto en cajas petri para recorrido final de cromatografía	30
Figura 16. Momento de retirar el papel filtro una vez llegada la solución a su marca	30
Figura 17. Cuidadoso manejo de extracción de pabilo y secado final	31
Figura 18. Recortes de áreas de copias de cada cromatografía	32
Figura 19. Bocashi momento 1	34
Figura 20. Bocashi momento 2	35
Figura 21. Suelo Inicial	36
Figura 22. Suelo al final del tratamiento	37
Figura 23. Suelo de agroecología	38

1. Introducción

El presente trabajo es una recuperación de un saber del siglo pasado, que al arribo del siglo XXI pocas han sido las personas que prestaron atención a actuar de manera distinta, sin dejarse llevar por el sistema cartesiano monótono. La actualidad demanda “cantidad” y pasa arrollando a la “calidad”, sin discutir aquí el término de “calidad”, solo mencionar que el disfrute de la vida se deteriora y reduce al incipiente servilismo. Es realmente preocupante lo que sucede actualmente sin hablar como dicen muchos autores de literatura para reflexionar humanísticamente las “generaciones futuras”, si las actuales arrastran graves secuelas no se puede, ni debe ser omiso, sino actuar con conciencia profunda, abrir muy pero muy bien los sentidos ante el entorno en que se desenvuelve la sociedad (Restrepo & Pinheiro, 2009)

Poca o nula es la atención que se le presta al “soporte global”, que a pesar de ser el suelo el forjador primario en este caso la producción de alimentos para la humanidad, se tiene una visión parcial del mismo como un soporte con propiedades físicas y químicas excluyendo la biología existente sin importar que esta sea macro o microscópica. Hasta hace unos cuantos años se “ha descubierto” la importancia de la vida en el mismo, pues la decadencia paulatina de fertilidad exigió otra forma de evaluar el estado de tan preciado bien natural (Pfeiffer, 1984).

La agricultura es un invento humano, que ha evolucionado con el tiempo y en todo momento ha generado impactos al entorno donde se desenvuelve, muchos de los cuales se reflejan a corto plazo y otros pasan desapercibidos; aquellos que generan un alto deterioro acumulado, exigen siempre una forma de amortiguarlos. Los análisis de suelos se han dedicado mayoritariamente al examinar la cantidad de ciertos elementos, sin prestar atención o pasando por alto la desintegración de los mismos con el sistema vivo y dinámico del regolito (Restrepo & Pinheiro, 2009; Pfeiffer & Stapledon, 1947; Steiner, 1924).

Así, la cromatografía en papel se propone como una forma de examinar otras cualidades del suelo como entidad viva y dinámica para tratar de comprender los fenómenos implicados con las prácticas que sobre éste se efectúan, llevando consigo las medidas propias para mejorar si se desea, la salud del suelo (Pfeiffer, 1984; Hernández, 2014; Restrepo & Pinheiro, 2009; Gliessman, 2002; FAO, 2013).

Los cultivos agrícolas a menudo van acompañados de análisis de suelos que se limitan a elementos en la solución del suelo, características físicas y dejan de lado la vitalidad que posee; también es necesario de una herramienta (cromatografía en papel), para saber los impactos de las practicas que se realizan, que se profundice más allá en los efectos de la nutrición de sales industriales e insumos, para la protección de la vida en el suelo e integrarla con aspectos físico- químicos, pues en conjunto dan paso al desarrollo sobre él, de una vida con calidad. Este estudio pretende que el campesino utilice esta herramienta, accesible económicamente, para saber cómo se encuentra la actividad microbiológica en el suelo.

Objetivo

Determinar el estado de salud del suelo usando la cromatografía en papel, con lo que se podrán tomar las medidas necesarias para el manejo sano del suelo.

Hipótesis

Con el uso de la cromatografía en papel, se hacen análisis cualitativos a bajo costo por los campesinos.

2. Revisión de literatura

2.1 Cromatografía en papel, historia y desarrollo

Fue el botánico ruso Mijail Tswett, quien empleó por primera vez el término “cromatografía”, que proviene del griego *chroma* (color) y *graphos* (escribir). El usó columnas de absorción de líquidos para separar pigmentos vegetales, las disoluciones se hacían pasar a través de una columna de vidrio rellena de carbonato de calcio o cal finamente dividida, que interacciona de forma diferente con los componentes de la mezcla, de estos se separan en distintas bandas coloreadas a lo largo de la columna (Restrepo & Pinheiro, 2011).

Existen varios tipos de cromatografía: Plana (donde la fase estacionaria se sitúa sobre una placa o papel), cromatografía de papel, cromatografía en capa fina, cromatografía en columna en esta la fase estacionaria se sitúa dentro de una columna puede ser de líquidos, de gases ó de fluidos supercríticos. La cromatografía empleada sobre una superficie plana de papel, surgió como una necesidad de realizar “evaluaciones” acerca de la salud del suelo, pues los agricultores en Alemania en el año de 1924 estaban preocupados por su futuro en la agricultura así como la constante decadencia de sus cosechas debido a los métodos empleados, fue Rudolf Steiner quien orientó a este pequeño grupo de agricultores a entender cómo se deterioran con el uso de fertilizantes industriales los suelos a lo largo del tiempo (Restrepo & Pinheiro, 2011).

De acuerdo a Ramírez (2009) y Macias *et al* (2003), en la actualidad se emplean distintas técnicas con aparatos sofisticados, pero cada metodología aplicada a un objetivo específico en la obtención de resultados acordes al planteamiento original.

Casos como la determinación de residuos tóxicos en los alimentos han empleado métodos de extracción líquido-sólido para una cromatografía de gases de acuerdo a ensayos realizados, por lo tanto partiendo de un análisis cualitativo si es que se

desea se puede profundizar a un método cuantitativo (Pérez *et al*, 2013; Valencia *et al*, 2010).

Para la década de los años veinte un joven y destacado científico en bioquímica, de origen alemán, llamado Ehrenfried Pfeiffer (1899- 1961), se dedicó de lleno al estudio de la calidad de los suelos y alimentos de la agricultura industrial. Este científico venía de investigar y estudiar de forma muy profunda, en compañía de Erika Sabarth (científica), como detectar enfermedades tales como la sífilis, la tuberculosis y el cáncer, sin invadir la privacidad del cuerpo enfermo, utilizando sales de cobre, las que en contacto con los fluidos de aquel paciente estudiado se formaba una cristalización sensitiva que permitía diferenciar entre organismos sanos y enfermos. Éste fue el punto de partida para evaluar la calidad en la fertilidad del suelo y los alimentos que se producen (Restrepo & Pinheiro, 2011).

Mijaíl Tswett en 1903 realiza investigaciones que consistían en una columna de vidrio rellena de un polvo fino, en la cual una mezcla de cualquier tipo de sustancias era separada por medio de líquidos que pasaban por la columna, acuñando el término de cromatografía, en (Etren, 2003). Eugen Kolisko (1893- 1939) y Lily Kolisko (1889- 1976) fue un matrimonio de investigadores que empleó la técnica desarrollada por Tswett, tomando este método inventaron una variante que consistió en la atracción capilar con el que analizaron vitaminas contenidas en los jugos de vegetales, les denominaron a sus estudios dinamólisis capilar. Otro matrimonio de nacionalidad rusa (Nicolai Izmailov y María Schraiber), optaron por sustituir la columna de vidrio pues era difícil de rellenar, así que emplearon hojas de papel filtro especiales que con la mezcla de unas sustancias, de acuerdo a sus características físicas y químicas, al ser desplazadas por la superficie del papel por la solución empleada crea un cromatograma, es específica para cada sustancia, capaz de separar e identificar isótopos de un mismo elemento, esta técnica resultó más efectiva y barata (Restrepo & Pinheiro, 2011).

Por otro lado Theodor Schwenk (1910- 1986), desarrollo su propia metodología, colocaba una aguja suspendida a cierta distancia de un cristal, al momento de que el fluido impactaba con el vidrio se tomaba una fotografía que determinada la salud del fluido. Pfeiffer basándose en sus estudios de microbiología y bioquímica encontró que en una solución de hidróxido de sodio (NaOH), preparada al 1% en una muestra de suelo vivo era suficiente para solubilizar las sustancias nitrogenadas del metabolismo microbológico del que procedían reaccionaban por la cantidad de nitrógeno (amoniacal, nitrito y nitrato), al ser expuestas sobre un papel filtro especial impregnado con nitrato de plata (AgNO_3), se producían anillos de acuerdo al contenido de estas sustancias nitrogenadas, distancia y color de dichos círculos (Restrepo & Pinheiro, 2011).

Los análisis de ciertos elementos químicos, para cuantificar su presencia en el caso del suelo como los procesos de compostaje, dejan factores realmente relevantes fuera de consideración: “es obvio que el análisis químico de una composta considera al nitrógeno, fosforo y potasio contenido, solamente dándonos información incompleta sobre el valor biológico, no nos dice que tan bueno es el compost”, sin saber que estos son de suma importancia en la determinación del estado en el que estos materiales se encuentran ya que en el caso de las plantas son susceptibles a materia orgánica “cruda”, con procesos de descomposición que liberan demasiada energía y son violentos para las raíces (Pfeiffer, 1984; Khan, 2007).

Se determina el valor biológico como lo menciona Pfeiffer (1984), el cual consiste en obtener de manera general un parámetro que incluye presencia de materia orgánica y minerales “traza”, así como su incremento en disponibilidad de todos estos minerales por la acción microbológica, y calidad de humus, la cual se demuestra por un proceso de digestión completa de la materia orgánica. Es por ello que los análisis que enfocan en cuantificar NPK siguiendo métodos oficiales tienen severos problemas para saber el valor biológico de los suelos y compostas, así que se deben adecuar métodos analíticos para ello.

En su libro Pfeiffer (1984), menciona lo siguiente “Hemos usado el método de cromatografía en papel filtro circular la cual ha tenido un desempeño muy satisfactorio y también es simple, requiriendo muy poco equipamiento. Este método está basado en la propiedad del papel filtro para separar fracciones en una solución por capilaridad. Necesita un reactivo para ensamblar las fracciones y hacerlas visibles”.

Mencionan Tompkins & Bird (1974), “en Spring Valley, Pfeiffer desarrolló un método todavía más sencillo y rápido para demostrar cómo vibra verdaderamente la vida en los suelos, plantas y alimentos vivos, pero no en los minerales inorgánicos, en las sustancias químicas y en las vitaminas sintéticas que no viven. No requiere este procedimiento el equipo completo de los laboratorios químicos corrientes, sino que necesita únicamente discos circulares de papel filtro de 15 centímetros de diámetro, con un pequeño agujero en el centro, donde se inserta una mecha. Se colocan en platos abiertos de peltre para cultivos microbiológicos, en los cuales hay pequeños crisoles que contienen una solución de 0.05% de nitrato de plata. Esta solución sube por la mecha y se extiende sobre los discos hasta 4 centímetros del centro”.

Nivia (2017), señala “las metodologías anteriormente relacionadas (análisis físicos y químicos del regolito) han sido desarrolladas, por diferentes autores, para trabajar en laboratorio de suelos, cumpliendo con protocolos que permiten el análisis preciso de las diferentes características del suelo; así mismo, existe la metodología de cromatografía que permite el análisis físico, químico y biológico del suelo de forma cualitativa, es catalogada como una metodología más sencilla y práctica que las anteriormente expuestas y puede resultar un buen apoyo en los procesos de análisis de estado de los suelos”

El aporte de la cromatografía de papel logra ser de gran utilidad ya que comprueba el grado de actividad y calidad biológica de la muestra analizada, muestra interacción en los aspectos minerales, orgánicos y enzimáticos del suelo. Arroja

resultados cualitativos y ello puede presentar una ayuda didáctica para agricultores y un puente para hacer notar la importancia del análisis convencional (Nivia, 2017; Morris, 1984).

2.1.1 Interpretación de cromatografías

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

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

b) Formación de anillos entre la zona media y la zona externa así como el extremo de la misma.

c) Color de las zonas, un color tenue a medianamente café, con lunares difuminados, indica una formación de coloides húmicos; puntos limitados café intenso para sustancias húmicas; radiaciones violeta indica el incremento de mineralización y una reducida presencia de materia orgánica

d) Radiación, número, color y forma de “picos” emergentes. Las radiaciones violetas de 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 indicados claramente en la cromatografía de suelos y abonos orgánicos.

Reforzando y enriqueciendo lo mencionado por los autores antes mencionados, colocan las zonas de la siguiente manera (Restrepo & Pinheiro, 2011):

a) zona central: también conocida como “zona de aireación”, donde reacciona el nitrato de plata con algunos de los elementos presentes en la sustancia investigada

b) zona interna: es el segundo anillo, localizado inmediatamente después de la zona central u ombligo del croma. También denominada “zona mineral”, pues en esta se concentra la gran mayoría de reacciones minerales

c) zona intermedia: el tercer anillo, localizado inmediatamente después de la “zona mineral”, este es denominado “zona proteica o de la materia orgánica”. Es aquí donde se expresa la presencia o ausencia de la materia orgánica; sin embargo esto no indica necesariamente que la misma se encuentre totalmente integrada en el suelo ni biológicamente activa en el.

d) zona externa: este es el cuarto y último anillo de la figura que genera el análisis cromatográfico de un suelo. Denominado “zona enzimática o nutricional”

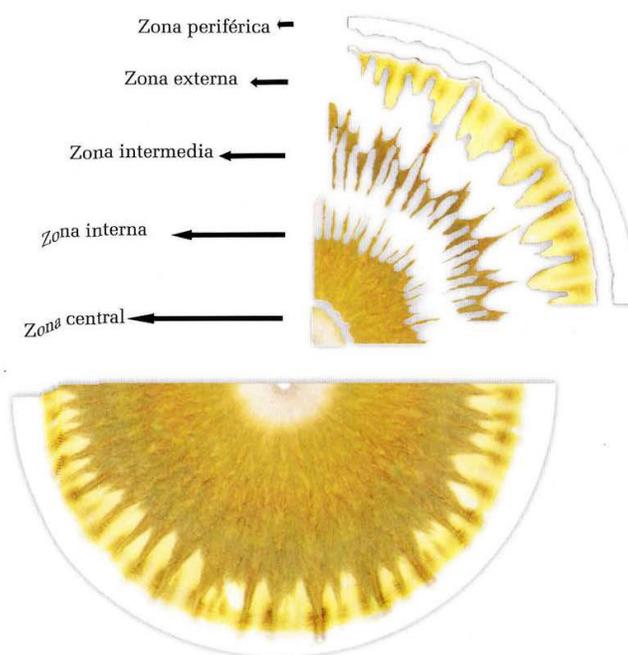


Figura 1 Apreciación de las diferentes zonas de la cromatografía y su relación (fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

CROMATOGRAMA DE UN ABONO ORGÁNICO
EN PROCESO, ELABORADO CON GALLINAZA



Figura 2. Separación de las diferentes zonas en una cromatografía perteneciente a un abono orgánico en proceso de elaboración (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

Pfeiffer (1984) y Restrepo & Pinheiro (2011) actualmente además de contar con las referencias de interpretación, coinciden en que una buena explicación de la cromatografía se basa también en los patrones o “estándares” de los que han obtenido en el estudio de diversos suelos, por lo que conociendo el sitio de dónde provino la muestra realizan inferencias con alta calidad en aporte.

2.2 Suelo

El suelo está conformado por partículas de diferentes diámetros, lo que se denomina como textura y dada la proporción de estas partículas (arena, limo y arcilla), de acuerdo a la disgregación del elemento principal (roca madre). Se dice que una adecuada porción de dichas partículas constituye un buen medio para el desarrollo de vida vegetal (Rucks *et al.*, 2004; Rossotti, 2005; Schaaf, 2010).

El origen del suelo tiene grandes procesos que van desde la desintegración de la roca madre, de acuerdo a la composición química de esta en conjunto con sus minerales que en ella habitan dará origen a suelos únicos, que posteriormente se clasifican de acuerdo con algunas características afines entre ellos según Rucks *et al.* (2004). El diámetro de las partículas del suelo varían gradualmente partiendo de las “gravas”, arenas, limo y concluyendo con la más pequeña y más activa del suelo (arcilla), las cuales albergan además ciertos elementos minerales que serán útiles para la nutrición de la vida que este se desarrolle (Pinheiro & Restrepo, 2009; Castellanos *et al.*, 2000;).

Se le denomina también regolita, ya que es la conjunción de material mineral fragmentado por factores ambientales denominados intemperismo, da como resultado una capa superficial no consolidada. Hay en el intemperismo físico, fuerzas combinadas como lo son el viento, la gravedad, agua y temperatura lentamente van teniendo efecto sobre la roca y la desintegran junto con sus partículas que despegan y lentamente formando el suelo. Posteriormente todos estos materiales son transportados por la gravedad (coluvial), movimiento glacial (glacial), agua (aluvión) y eólico (viento); los procesos biológicos tienen suma importancia en la formación (Gliessman, 2002; Weier *et al.*, 1980; Rossotti *et al.*, 2006).

Complementando los procesos de formación de esta regolita, hay además procesos químicos importantes: hidratación, hidrólisis, solución y oxidación. La hidratación es la adhesión de moléculas de agua a la estructura química de los minerales, la hidrólisis ocurre cuando los iones de la estructura cristalina, en este caso los cationes son remplazados por el hidrógeno causando una separación, la solución ocurre cuando materiales parentales con alta concentración de minerales fácilmente solubles forman parte de la solución del agua y la oxidación es la conversión de elementos tales como el hierro de su forma original reducida a forma oxidada en presencia de agua o aire. La estructura cristalina sufre modificaciones durante estos

procesos y derivan posteriormente la o no asimilación de minerales por parte de los seres vivos que en el habitan (Gliessman, 2002; INIFAP, 2002; INIFAP, 2004).

Estructura es una de las formas que se aprecian en suelos seniles (particularmente), debido a como se acomodan las partículas que conforman a la regolita (denominados agregados), de acuerdo con la FAO (2013), esto es un indicador primario de la “salud del suelo”, un suelo con buena estructura es fácil de cultivar y no es arrastrado fácilmente por la lluvia ni por el viento, las plantas tienen un buen desarrollo. Existen las estructuras laminares, prismáticas, columnares, bloques (regulares o subangulares), granular y tipo grumosa, el uso de ciertas prácticas para trabajar el suelo ocasiona efectos negativos a corto, mediano y largo plazo siendo una de las formas de deterioro y pérdida de este (Gliessman, 2002; Suerda, 2008; Alexandrovskiy, 2007; FAO, 2009; Bouwman & Langdon, 1984; Lopez, 1983; Laliberte *et al*, 2013).

Es un sistema dinámico, cambiante en todo momento, viviente y puede ser degradado o conservado de acuerdo al manejo que se tengan sobre éste. El suelo es la capa superficial intemperizada de la tierra que está mezclada con organismos vivientes y los productos de una actividad metabólica y de su descomposición. Compuesto de materiales orgánicos e inorgánicos, derivadas de organismos vivientes, aire y agua que ocupa los espacios disponibles entre las partículas del suelo. Un suelo ideal de acuerdo a las perspectivas agrícolas en porcentaje está dado por: 45% material mineral, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire, siendo una perspectiva “ideal” la realidad tiene proporciones totalmente diferentes y únicas en cada sitio (Gliessman, 2002; Weier *et al*, 1980).

Las conformaciones del suelo se van dando de acuerdo al tiempo, pasados muchos años a que la primera conformación de partículas minerales acumuladas son cubiertas por nuevas deposiciones se conforman “capas” que se denominan horizontes, cuanto más viejo un suelo más diferenciados y apreciables son estos, al conjunto de horizontes se le conoce como perfil del suelo, hay 4 horizontes A, B, C

y R cuanto más se aproxima del orden “A” al “R” en manera descendente la densidad aparente cambia siendo mayor en los horizontes profundos y de mayor exposición a condiciones de intemperismo el horizonte “A”, existe además en ciertas zonas con vegetación abundante un estrato denominado “O” y es acumulación de materia orgánica que pasa a formar parte del suelo vivo e interactúa con el horizonte “A” (Gliessman, 2002; Rossotti *et al*, 2006).

2.2.1 Influencia de macro y micro biota en el suelo

Las raíces penetran y recuperan de los perfiles profundos elementos nutritivos que fueron lixiviados de las zonas superiores, los residuos de origen biológico comúnmente conocidos como materia orgánica, son el alimento de la micro y macro biota, una fuente de energía, el proceso de descomposición de la misma deja los compuestos complejos en sustancias simples que dan paso a la mineralización. Posteriormente el refinamiento de esta reincorporación biológica es llamada humus tiene de acuerdo a Gliessman (2002), cierto tiempo de vida en el suelo que posteriormente es remplazado, mientras que Pinheiro & Restrepo (2009), definen el humus como un producto de transición muy refinado de la descomposición de la materia orgánica a través de los procesos de mineralización y humificación, donde alberga o habita la mínima expresión de la vida en la tierra, es energía en reposo.

Tal como lo indica Pfeiffer (1984), “posteriormente, la materia orgánica que ha sido digerida y pasado por procesos biológicos en el suelo esta forma parte al mismo tiempo del mismo, se le denomina humus, todos los residuos de jardinería, restos de cosechas, entre otros desechos de la agricultura, agujas de pinos, virutas de madera, por mencionar algunos, sin embargo estos no son humus aún pues no han pasado por el proceso antes mencionado denominado compostaje, pero todas estas sustancias son llamadas “orgánicas”, dado que contienen nitrógeno, carbono, oxígeno, azufre, fósforo en una molécula orgánica, entonces humus resultado de varios grados de descomposición y/o fermentación, que resultan bajo condiciones de suelo favorables”.

Un documento ruso del año 1911, explica las condiciones ideales de los suelos negros neutros de Ucrania los cuales contienen el suelo más fértil rico y abundante en humus, mantienen la evaporación en el mismo posterior a las precipitaciones pluviales en un rango de agua balanceado. Absorbe la humedad del ambiente y no deja que esta escape por lo que no se encuentra seco, con óptima “esponjosidad” ya que la aireación es muy importante para la formación de humus, de la que se encargan los microorganismos existentes que necesitan del aire para respirar. También la fijación de nitrógeno tiene lugar en la superficie del suelo, para estos organismos se fija el nitrógeno del aire. Si no encuentran condiciones aeróbicas, estos consumirán el presente de la materia orgánica y es considerada pérdida de nitrógeno (Pfeiffer, 1984).

2.3 La vida en el suelo

La vida en el suelo es tan variada y sus funciones que cada integrante ejerce, llegando a la conjunción, es un proceso biológico que mantienen un adecuado equilibrio en procesos metabólicos, por eso es importante recalcar las funciones de macro y microbiología en la regolita (Fassbender, 1994).

Restrepo & Pinheiro (2009), mencionan que además de ser la capa superficial de la costra terrestre y ser unos centímetros los que alimentan a la humanidad, saber que existen micro y macro organismos que realizan importantes procesos dinámicos en él, sin estos los procesos vitales que mantienen la fertilidad y vida del suelo marcarían un deterioro del mismo. Los microorganismos del suelo representan el más complejo y completo sistema digestivo para las plantas además de prepararles el menú de la fertilidad equilibrada, son los encargados de digerir los restos orgánicos, fabricar humus, sintetizar fertilizantes orgánicos, solubilizar elementos minerales y en muchos casos son capaces de desintoxicar el propio suelo y liberarlo de contaminaciones.

2.3.1 Hongos

Son microorganismos que en su mayoría pasan desapercibidos debido a su diminuto tamaño, mientras que otros forman grandes cuerpos de fructificación (setas) que logran ser apreciados a simple vista, siendo uno más de los tantos eslabones importantes que componen esta cadena de infinitas relaciones entre lo animado e inanimado. Estos microorganismos a lo largo de la historia evolutiva se han ganado su papel como consumidores de material orgánico originado por otras especies, reutilizando, volviendo soluble lo insoluble, esparciéndose a todos los rincones posibles del planeta, algunos favorecidos por el oxígeno, otros huyendo del mismo, crean asociaciones con muchas especies no solo del reino vegetal. Importantes y voraces, quienes fueron y siguen siendo devoradores implacables de cultivos enteros que el ser humano establece, solo en condiciones adecuadas para estos sean oportunistas a una lista sin fin de cientos de miles de especies “conocidas” (Margulis & Sagan, 1995).

Los hongos con sus cuerpos filamentosos penetran por diversos sustratos, explorando, palpando, siendo sensibles a su entorno allá donde hay alimento estos se mueven por todo el globo, diseminados por el viento, arrastrados por el agua, insectos e incluso en condiciones que han sido catalogadas como “carentes de vida”, se adaptan perfectamente a los terrenos más inhóspitos, resultado de millones de años de mutualismo con diversos seres vivos, proveen alimento a aquellos que les permiten albergarse en las raíces (micorrizas), formando “cinceles” que desplazan minerales a sus acompañantes y vivifican el sustrato donde estos habitan, emisores de grupos de antibióticos que han sido de gran ayuda para el ser humano en la rama de la medicina. Así pues esos filamentos abundantes en el suelo descompactan, extienden la capacidad radicular de absorción, mejoran la estructura del mismo, entre muchos más procesos fascinantes que aun pasan desapercibidos (Simón, 2014).

Descomponen los cuerpos muertos, y a veces hasta los vivos. Durante más de 400 millones de años han estado creciendo sobre una enorme variedad de sustratos alimenticios que otros organismos evitan. Unos pocos crecen en el agua dulce o en el mar, pero básicamente son organismos terrestres. Los hongos estuvieron entre los primeros organismos que explotaron el medio terrestre, permitiendo el desarrollo de muchos otros habitantes en tierra firme (Margulis & Sagan, 1995).

Las alianzas entre hongos y algas originan líquenes; una alianza similar pudo haber sido crucial para el desarrollo de los primeros bosques. Las micorrizas por ejemplo, estructuras radicales que resultan del crecimiento acompañado de hongos y plantas, suministran nutrientes minerales al socio autótrofo, y el socio heterótrofo recibe alimento fotosintético a cambio. Pues bien, estas micorrizas –raíces redondeadas, rechonchas y a menudo coloreadas- son estructuras simbióticas dinámicas producidas por la planta junto con el hongo. Se han descubierto más de 5000 hongos productores de micorrizas. En la mayoría de casos las plantas asociadas parecen depender de estos simbiosomas para absorber fósforo y nitrógeno del suelo. Más que pelos radicales o micelios, son estructuras sinérgicas, emergentes, cruciales para el reciclado. Un solo árbol grande puede tener en sus raíces hasta cien variedades de micorriza, cada una producida por un hongo distinto (Margulis & Sagan, 1995).

Los hongos se parecen a los animales en que, al no ser capaces de producir alimento, dependen para su nutrición de las donaciones de otros. Desde el punto de vista ecológico, sin embargo, ambos reinos son marcadamente distintos. Son indispensables para la formación del suelo al descomponer la roca intratable. Contribuyen al asentamiento del manto de la vida en expansión. Son el talón de Aquiles de la biosfera (Margulis & Sagan, 1995).

Sin ellos, las plantas y en última instancia todos los animales se quedarían sin suministro de fósforo (componente esencial del DNA, el RNA y el ATP). También hacen de mediadores en los intersticios de las redes tróficas. Los sabios árabes que

clasificaron los hongos entre los reinos vegetal y mineral no iban del todo desencaminados. Cuando los hongos toman posesión de un cuerpo, enseguida se pone de manifiesto su naturaleza material. Los cuerpos se convierten en humus rico en carbono. Los hongos descomponen cadáveres y se alimentan de los pies sudorosos. Durante más de 400 millones de años sus esporas han estado dispersando micelios por una despensa a escala planetaria. Son los basureros de la biosfera, responsables de reciclar lo muerto (Margulis & Sagan, 1995; Rojas, 2012).

2.3.2 Bacterias

Conocidas como las que dieron origen a todos los organismos existentes sobre la faz de la tierra, desde hace miles de millones de años estos grupos de organismos unicelulares, numerosos en toda la extensión de la palabra, han acompañado a diversos procesos metabólicos de integración mineral, reaprovechamiento de energía libre, sinergismo. Siendo también responsables de las más grandes “catástrofes”, para algunas especies “que al igual que los hongos” en condiciones específicas producen acciones desfavorables para ciertos organismos. Las bacterias poseen maravillosas cualidades, trucos metabólicos tan maravillosos, unas acidificando el rededor de su campaña dando paso a acidofilos, formando sideroforos, ejecutando simbiosis, quelatizando elementos esenciales para su autopoiesis como la de sus congéneres (Margulis & Sagan, 1986; Rodrigues *et al*, 2009).

Fusionando, intercambiando genes, fijando nitrógeno, azufre, fosforo, fermentando azucares, el suelo está repleto de vida microbiológica, de la que bacilos existentes en la mierda de animales aprovechan este sustrato para reintegrar los elementos necesarios para otros macro y micro organismos. Purifican el agua de la tierra y hacen los suelos fértiles. Perpetúan la anomalía química que es nuestra atmosfera, produciendo constantemente reservas nuevas de gases reactivos. El metano, por ejemplo, puede actuar como un mecanismo regulador de oxígeno y ventilador de la

zona anaeróbica, mientras que el amoniaco, probablemente desempeña un papel más importante en la determinación de la alcalinidad de lagos y océanos (Margulis & Sagan, 1986).

Con equipos de bacterias que crecen y mueren poblando toda localización posible en la superficie de la tierra y seleccionando continuamente mejores soluciones locales para resolver el problema de mantener la vida en un momento determinado, la superficie se mantiene en un estado estacionario y acogedor. Al estar formado por organismos vivos, el ambiente es regulado continuamente por la vida y para la vida. El éxito supremo del intercambio celular para asegurar el máximo número de bacterias acaba aumentando el número de formas de vida, incluyendo animales y plantas, y acelerando todos los ciclos biológicos. Además, en su alianza con animales y vegetales, que no podrían vivir sin ellas, las bacterias de la tierra forman un completo sistema regulador planetario, cuyo efecto específico es estabilizar las proporciones de gases atmosféricos reactivos y cuyo resultado general es mantener la tierra habitable (Margulis & Sagan, 1986).

Los sistemas de información humanos apenas han empezado a enfocar la cuestión de los antiguos sistemas bacterianos que han estado intercambiándose información como una red de ordenadores con una memoria acumulada durante miles de millones de años de funcionamiento continuo. Si vamos más allá de la visión puramente médica de los microorganismos y tratamos de considerarlos nuestros antepasados, como los seres vivos más antiguos de la tierra, nuestros sentimientos cambiarán, y de sentir miedo y odio hacia ellos pasaremos a respetarlos y tratarlos con consideración. Inventoras de la fermentación, la rueda en forma de motor rotatorio de protones, respiración del azufre, la fotosíntesis y la fijación del nitrógeno mucho antes que se iniciara nuestra propia evolución (Margulis & Sagan, 1986).

Las bacterias pueden nadar como los animales, foto sintetizar como las plantas y descomponer como los hongos. Uno u otro de estos genios microbianos puede captar la luz, producir alcohol, expeler hidrógeno y fijar nitrógeno gaseoso, fermentar

azúcar en vinagre o convertir iones sulfato ó gránulos de azufre en sulfuro de hidrógeno gaseoso. Hacen todo esto y mucho más no porque sean “patógenos” o trabajen para nosotros limpiando el entorno, sino porque el imperativo de la supervivencia les llevó a inventar cada una de las principales transformaciones metabólicas en la superficie del planeta (Margulis & Sagan, 1995).

2.3.3 Nematodos

Son habitantes del suelo diminutos, vermiformes, muchos de los cuales son considerados “patógenos” agentes causales de agallas, nódulos y demás patologías. Encargados de pre digerir restos de materia orgánica y hacerla asimilable para sus sucesores, de igual manera ponen a disposición elementos minerales para las plantas, son encargados de parasitar algunas larvas de coleópteros y lepidópteros que en el mismo se desarrollan como lo expone Simón (2014).

2.3.4 Amebas

Destacan y constituyen en unos de los principales grupos de vida en el suelo. Consumen desde material orgánico hasta bacterias, permitiendo con esta actividad el sano equilibrio entre las demás poblaciones microbiológicas del suelo. Crean nichos ecológicos para otras especies microbianas y son los principales microorganismos reguladores del mundo microbiano entre bacterias y hongos, principalmente para la degradación de la celulosa y la lignina para la formación del humus en el suelo a partir de la materia orgánica (Restrepo & Pinheiro, 2009).

2.3.5 Algas

Son organismos con clorofila, y como tales necesitan vivir en la superficie del suelo, o muy próximas a ella. No obstante algunas parecen ser capaces de obtener su energía de la materia orgánica y fácilmente pueden existir dentro o debajo del

horizonte superficial. Las algas son microorganismos que aportan materia orgánica a los suelos y, en simbiosis con las cianobacterias, son fijadores de nitrógeno. Su actividad es limitada a periodos húmedos. A pesar de su escaso número, se pueden llegar a encontrar hasta 100, 000 ejemplares por gramo de suelo (Restrepo & Pinheiro, 2009).

La vida en el suelo es muy numerosa y diversificada, a tal grado que actualmente solo el 3 al 7 por ciento como máximo de estos diminutos seres según Simón (2014). Pues bien el hablar de vida en el suelo es hablar de un principio básico y fundamental, indispensable para los ciclos del carbono, azufre, nitrógeno, etc. Por ende no debe pasarse por alto el papel que juegan habitantes del suelo que pasan la “estafeta” dando lugar a toda la diversidad que reside en cada sitio, aunque se puedan o no apreciar se encargan de mantener la fertilidad y vitalidad de los mismos, claro ejemplo son los bosques, estos en las zonas alpinas (bosques de coníferas) y zonas tropicales (selvas), quienes con la exuberancia de su alta disponibilidad de materia orgánica que re incorporan al suelo anélidos, artrópodos, moluscos, mamíferos, reptiles, líquenes, musgos y demás organismos vivos aún desconocidos presentes en el sustrato que vivifican (Restrepo & Pinheiro, 2009; Ratushnyak *et al*, 2008; Rojas *et al*, 2012).

Para llevarse a cabo los procesos metabólicos de cada organismo, son recíprocos minerales y vida, una impulsa a otra, son necesarios elementos que conformen tejidos, membranas, células (biomasa), movilizándose por toda la biosfera, reproduciéndose y pereciendo, conformando su autopoiesis, así se mantienen en un eterno espiral con infinitas redes de comunicación tal como lo menciona Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863- 1945) “la vida son minerales animados”, mientras que James Lovelock complementó su idea “el ambiente es el lugar que activa esta animación. Por lo tanto, los genes sin un medio no podrán expresar lo que son, y al mismo tiempo no podrán coevolucionar” (Restrepo & Pinheiro, 2009; Fersman, 1940).

En otras palabras, para que un ser vivo se desarrolle adecuadamente, necesita elementos primarios, previos al inicio de su metabolismo (prebióticos), además otros igualmente importantes a favor de la vida (probióticos). Estos elementos como lo menciona Margulis & Sagan (1995), son los responsables en formar un “caldo” nutritivo para la biosfera, quien ha ido evolucionando por miles de millones de años. Los elementos de la fracción mineral entre otros inanimados pasan por membranas selectivas, se acoplan, transfieren e impulsan a escala global, esto gracias a la vida. Entonces como menciona Simon (2014), “necesitamos minerales activos procedentes de la biología, sencillo sería comer una roca y así complementar nuestra ración diaria de minerales”.

2.4 Bocashi

La palabra bocashi es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de la misma (Restrepo, 2007).

La elaboración de éste abono fermentado de manera aeróbica se lleva a cabo, utilizando al máximo los recursos existentes al interior de una finca, todos son de fácil acceso y muy económicos, lo que representa un ahorro importante en la inversión de los costos de producción, además la naturaleza de los mismos materiales son los que repercutirán en la calidad final del abono (Restrepo, 2007; Saldaña *et al*, 2014).

La aireación ayuda al cuidado de un grupo de organismos que forman nitratos y/o fijan nitrógeno en los más complicados componentes: por ejemplo, proteína bacteriana y aminoácidos (Pfeiffer, 1984).

De acuerdo con Restrepo (2007), los materiales utilizados para la realización de este bocashi son los siguientes:

- Carbón vegetal
- Estiércol de cualquier tipo
- Suelo del sitio
- Hojarasca, cascarilla de arroz, de café, aserrín, entre otros restos de cosecha triturados
- Suelo de bosque, levadura ó bocashi anteriormente preparado
- Piloncillo, melaza, jugo de caña o frutas con alto contenido en azúcar y maduras
- Harina de rocas ó ceniza de fogón

Su producción se realiza valiéndose en su totalidad de “basura” o “desperdicios” que en vez de ser desechados se optimizan (como el estiércol), aprovechando y mejorando sustancialmente la fuente de alimento para el suelo y al mismo tiempo a la vida que surge del mismo (Restrepo & Pinheiro, 2009; Félix *et al*, 2008; Serrato *et al*, 2002).

Como lo mencionan Ramos *et al.* (2014) y Ramos & Terry (2014), el aprovechamiento de los residuos del banano en la zona tropical de Panamá para la elaboración de bocashi es uno de los ingredientes a implementar y reincorporar en la nutrición para la producción, obteniendo incluso resultados muy favorables en el aspecto nutrición vegetal, conservación de suelo y costos de producción.

El enfoque utilizado actualmente para saber qué sucede con diversos procesos de la producción agrícola, se enfoca mayoritariamente en cantidades y rendimientos, apenas se rozan unos aspectos “exteriores” a saber: apariencia, textura, grados brix, etc. No se realza la importancia de cómo “vibra” su interior, entonces la cromatografía en papel surge como una herramienta para observar impactos, del cómo se tratan los elementos en dicho proceso productivo y cómo estos surtirán efecto en el entorno (Abad, 2014).

3. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación del área de estudio

Todo el proceso se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna con coordenadas 25°33'19.3" latitud Norte y 103°22'27.2" longitud oeste. La cromatografía se llevó a cabo en las instalaciones del departamento de Agroecología de la UAAAN-UL, las muestras de suelo se tomaron del campo experimental cuyas medidas de la parcela fueron de 7.3 metros de ancho x 10 de largo un total de 73m². El muestreo fue en "cinco de oros", se tomaron muestras de suelo antes de la preparación, muestra de abono orgánico fermentado tipo "bocashi", al final del ciclo de cultivo y una más de la parcela de agroecología.



Figura 3. Localización de la parcela muestreada (fuente: Google Earth Pro, 2017)

La primera muestra del suelo se tomó el día 27 de septiembre del 2017 junto con la muestra de bocashi.

Para la elaboración del abono orgánico tipo bocashi se empleó un sombreador rustico a base de una lona reciclada, restos de jardinería (rastrosos secos), estiércol de equino, piloncillo, tierra del lugar, levadura, carbón vegetal, levadura para elaborar pan y harina de rocas.

El bocashi se elaboró con una dosis de 10 costales de estiércol, 10 costales de rastrojo, 6 costales de tierra, 1 costal de harina de rocas, 3 costales de carbón vegetal triturado, a la que se le añadió 0.5 kg de levadura NEVADA® y 2kg de piloncillo de caña.

Se realizó una mezcla de los materiales mencionados en el párrafo anterior, a la cual se fue impregnando con agua que contenía disuelto el piloncillo con la levadura, un punto de humedad a “prueba de puño”, en el cual al tomar una porción de la revoltura y presionarla con fuerza, se debe formar un terrón quebradizo, húmedo mas no debe escurrir agua al presionar, se volteó durante 15 días para mermar el calor generado por la fermentación, homogenizar la mezcla y airear la misma, no se le aplicó más agua de la inicial en la preparación . Se resguardó en todo momento de la incidencia directa de los rayos solares y posibles precipitaciones con una lona suspendida en 4 puntos. Al finalizar y ya maduro este abono, fue muestreado para llevar a cabo su análisis cromatográfico.



Figura 4 Recolección de rastrojo para elaboración de bocashi



Figura 5 Recolección de harina de rocas

Un alto nivel de humedad en el abono supone un problema; modifica el proceso hacia una putrefacción por lo menos hasta que la pila sea movida y con ello se favorezca la aireación y reducción de humedad a niveles óptimos (Pfeiffer E., 1984).



Figura 6. Elaboración de abono fermentado tipo bocashi

El suelo fue tomado de un cuadro de cultivo con 10m de largo por 7.3 de ancho, se muestreó en “cinco de oros” para tomar la muestra representativa, la muestra se

extrajo de estos puntos a una profundidad de 0-30cm, posteriormente de revolvió, empaquetó en bolsa de papel y se dejó secar a la sombra para su posterior análisis cromatográfico.

La cromatografía del suelo como del abono tipo bocashi tuvo tres copias por cada extracto realizadas el 10/10/2017 suelo y bocashi, el análisis cromatografico final el 01/02/18 siendo este último únicamente del suelo post cultivo y bocashi, adicionando una muestra comparativa mas se tomó el 20 de marzo del 2018 del suelo de la parcela de agroecología, en todos los casos se realizó la misma serie de pasos explicados en la metodología de Ehrenfried Pfeiffer para los cromas en cada caso.

3.2 Elementos para elaboración de cromatografía

Se utilizó papel filtro del número 4 de 15 cm de diámetro marca Whatman®, del cual se extrajeron cuadritos para la elaboración de los pabilos de 2cm x 2cm. Cajas petri de 6cm de diámetro y taparóscas de plástico 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 125ml de capacidad, los reactivos constan de nitrato de plata (AgNO_3), al 0.5% (se disolvió 0.5 gr de AgNO_3 en 100 ml de agua destilada) e hidróxido de sodio (NaOH), al 1% (se disolvieron 10 gr de NaOH en 1 Litro de agua destilada). Los reactivos se almacenaron en recipientes de cristal color ámbar, protegidos de la luz solar, el recipiente del nitrato de plata se forró con papel aluminio.

Elaboración de cromatografía:

1. Perforado el papel se sensibilizó con el nitrato de plata a la zona correspondiente
2. Se llevó a la cámara de revelación
3. A la par se realizó la disolución del reactivo hidróxido de sodio, con la muestra que se analizó
4. Una vez reposada se corrió en el papel ya sensibilizado
5. Se dejó secar y se hizo su observación correspondiente a las 24 horas realizada

6. Una vez pasados los días correspondientes para su coloración definitiva, se etiquetó y cubrió con parafina



Figura 7. Tamizado de la muestra

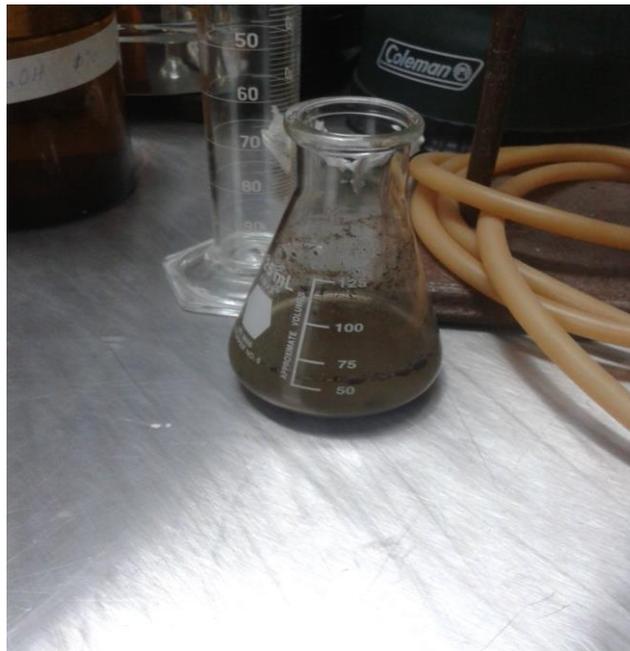


Figura 8. Solución de hidróxido de sodio con la muestra



Figura 9. Perforación de papel filtro para cromatografía



Figura 10. Elaboración de pabilos capilares



Figura 11. Delimitación del recorrido de las sustancias



Figura 12. Vista longitudinal de papel filtro con pabilo



Figura 13. Cámara de secado y revelado para el reactivo nitrato de plata



Figura 14. Extracción del sobrenadante de la muestra que se va a analizar



Figura 15. Colocación de extracto en cajas petri para recorrido final de cromatografía



Figura 16. Momento de retirar el papel filtro una vez llegada la solución a su marca



Figura 17. Cuidadoso manejo de extracción de pabilo y secado final

El procesamiento de los análisis cromatográficos, se tomó como referencia para resultados con cierta base sólida la medición de áreas de acuerdo a el número de zonas presentes así como la extensión sobre el papel de cada una de las mismas y si hay o no integración entre cada una de ellas, los instrumentos cromatográficos modernos están equipados con integradores electrónicos digitales, los cuales permiten una precisa estimación de las áreas de los picos, si no se dispone de tales equipos tiene que hacerse una estimación manual. La técnica consiste en recortar el pico del cromatograma, luego se pesa en una balanza analítica y se determina su peso relativo al peso de un área conocida del papel de registro. Dicho recorte y pesada depende mucho de la habilidad del operador, puede introducirse errores por cambios en la humedad del papel, homogeneidad del papel, etc. (UNAM, 2007).

La utilización de esta técnica se recomienda utilizar una fotocopia del cromatograma para no destruir el original. En general las técnicas de integración manual proporcionan áreas que son reproducibles a un nivel del 2 al 5 por 100; por el contrario los integradores digitales son al menos un orden de magnitud más precisos (UNAM, 2007).

3.3 Evaluación de cromatografías

Se realizó una comparativa con datos cuánticos de las áreas de las zonas de cada cromatograma respectivo con su copia, así mismo se pesaron recortes de las zonas de cada papel con su réplica. Para este procedimiento se utilizó una escuadra escolar de 12 cm Maped® con la que se trazaron dos líneas en forma de cruz seccionando las copias de las cromatografías de manera que se obtuvieron diferentes radios para derivar de una media el área para cada zona asignada. Se tomó el número de zonas cuantificables en 3 a saber: central, media y periférica para ambos casos (áreas y recortes).

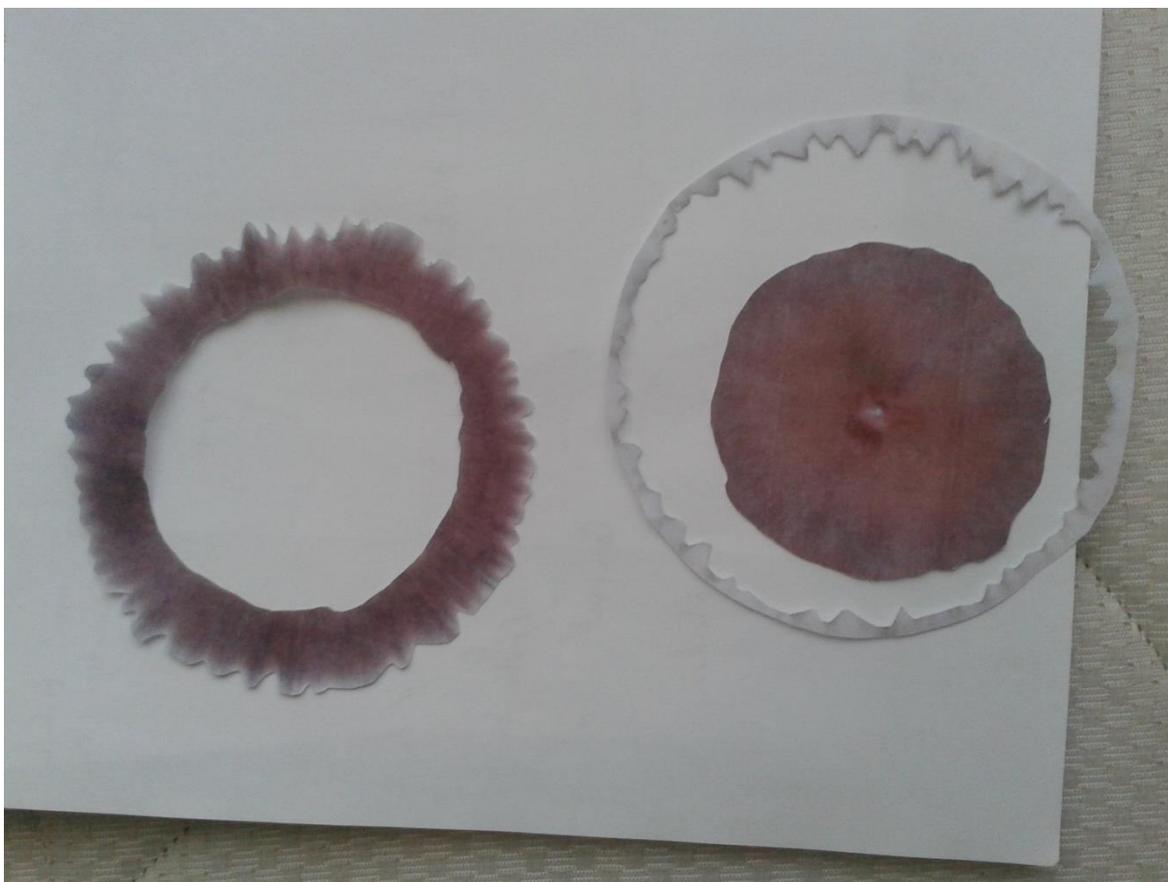


Figura 18. Recortes de áreas de copias de cada cromatografía

El pesado de las zonas de igual manera se realizó con una copia fotostática a tamaño original del cromograma inicial, se recortó cada cromograma con una navaja quirúrgica (bisturí) Ribbel® número 22. Posteriormente se pesaron las zonas recortadas respectivas a cada cromograma con sus copias en una báscula granataria “AND” HR-200.

3.3.1 Comparativa de costos

De igual manera se realizó la consulta del costo de un análisis físico- químico de suelos en laboratorio comercial y dependencias gubernamentales, se comparó con el costo de una cromatografía para determinar sus diferencias.

4. Resultados

4.1 Análisis cualitativo



Figura 19. Bocashi momento 1

Cromatografía perteneciente a bocashi momento 1 (10/10/17): La zona central muestra una buena aireación de la muestra, la zona mineral en tonalidad grisácea y su no relación en la próxima zona (proteica), debido a la naturaleza de los materiales el sitio de donde fueron tomados, continuando con la zona de la materia orgánica esta si se presenta en relación total con la zona externa con cierta presencia de humus que comenzó a ser activado nuevamente por la acción microbiológica en el proceso de fermentación



Figura 20. Bocashi momento 2

Cromatografía perteneciente a bocashi momento 2 (20/10/17): con características similares al momento numero 1, condiciones de aireación adecuada pero, la zona mineral con una coloración ligeramente violeta grisáceo y con una mínima interacción a la zona de la materia orgánica y finalmente la zona de la materia orgánica demuestra la continua integración a la zona externa con lunares que indican la presencia de humus aunque esta más nítida a la anterior.



Figura 21. Suelo Inicial

Cromatografía perteneciente a suelo antes de ser tratado (10/10/17): suelo en condiciones deplorables de actividad microbiológica, problemas de aireación (compacto), materia orgánica momificada y sin interacción entre cada una de las zonas, el anillo perteneciente a la materia orgánica presenta coloración grisácea tenuemente violeta y finalmente la zona externa prácticamente ausente.

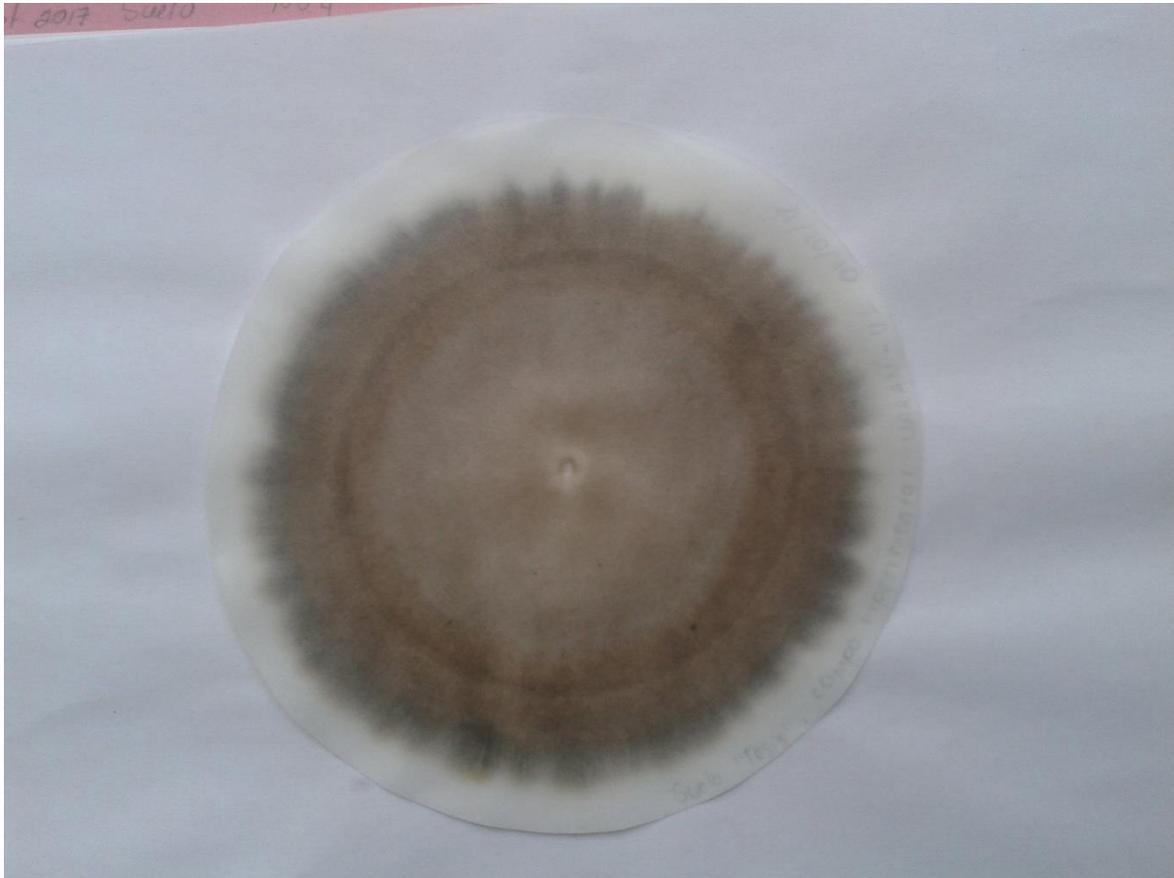


Figura 22. Suelo al final del tratamiento

Cromatografía perteneciente a suelo después de ser tratado con bocashi y cultivo (01/02/18): posterior al tratamiento se observa que la cromatografía de el suelo presenta una coloración muy semejante al inicial, aunque se continua con la nula interacción entre cada una de las zonas, los tonos ceniza se amplían por todo el cromograma aunque un difuminado de café emerge de la zona de la materia orgánica y se aprecia una ligera interacción con la zona externa.



Figura 23. Suelo de agroecología

Cromatografía perteneciente a suelo de parcela de Agroecología (23/03/18): este suelo a pesar de contar con problemas de aireación, estructurales, mantiene hasta cierto punto una actividad microbiológica que permite interacción de zona enzimática con la zona de la materia orgánica, aunque no se logra apreciar una interacción de la zona mineral con la materia orgánica y la tonalidad en gris para la mineralización es muy tenue por lo que si se hayan minerales activos en el mismo aunque sin formación de humus estable.

4.2 Análisis de varianza

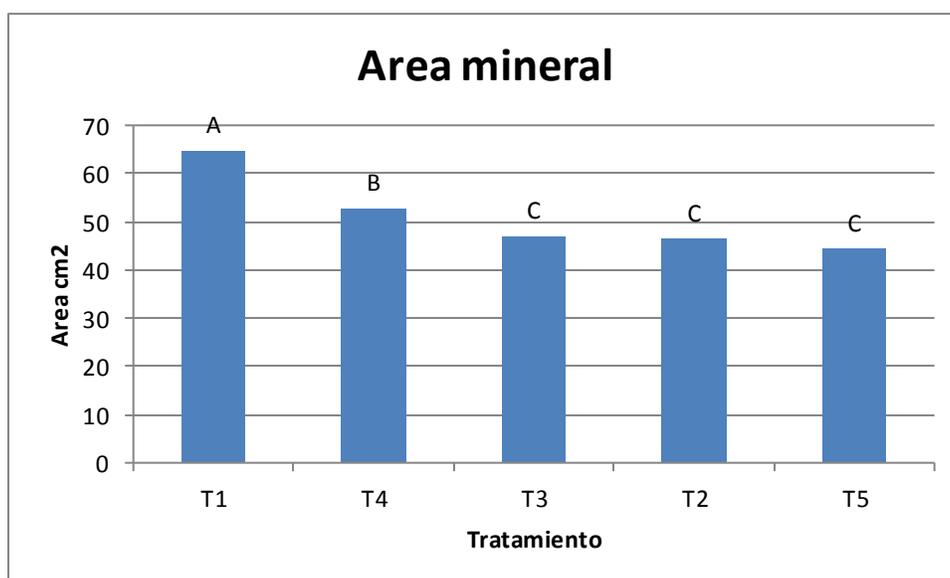
Para corroborar la interpretación cualitativa esto es en base a una aproximación cuantitativa, tanto en las áreas como los pesos.

Las siguientes gráficas corresponden a una relación de los diferentes cromatogramas con sus respectivas copias (3 por cada tratamiento), en la que se analizan áreas y pesos de las 3 zonas (mineral, proteica y enzimática).

Simbología	Tratamiento
T1	Suelo sin bocashi
T2	Suelo con bocashi
T3	Suelo agroecología
T4	Bocashi momento 1
T5	Bocashi Momento 2

Cuadro 1. Tratamientos

Se muestra a continuación los pesos de las 3 zonas antes mencionadas con su respectiva comparativa de medias.



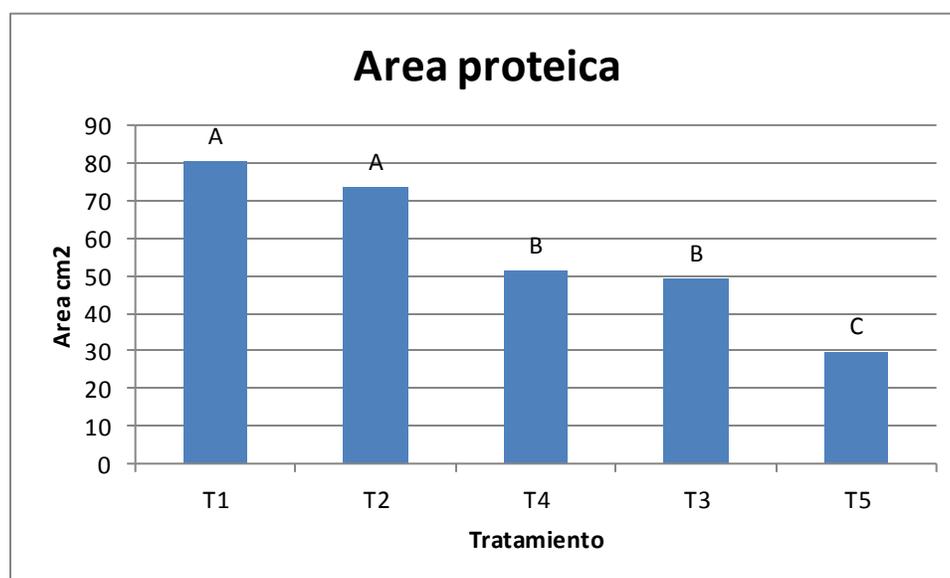
Grafica 1. Relación Área mineral

Estudio área mineral

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	64.850	3	1
B	52.920	3	4
C	47.103	3	3
C	46.487	3	2
C	44.490	3	5

Cuadro 2. Análisis de varianza área mineral

El área mineral del tratamiento 1 (suelo sin bocashi), resultó ser la mayor a comparación de los demás; no obstante diferencia próxima seguida por el bocashi momento 1 (tratamiento 4) en amplitud de zona y finalmente valores muy próximos y similares para los tratamientos subsecuentes.



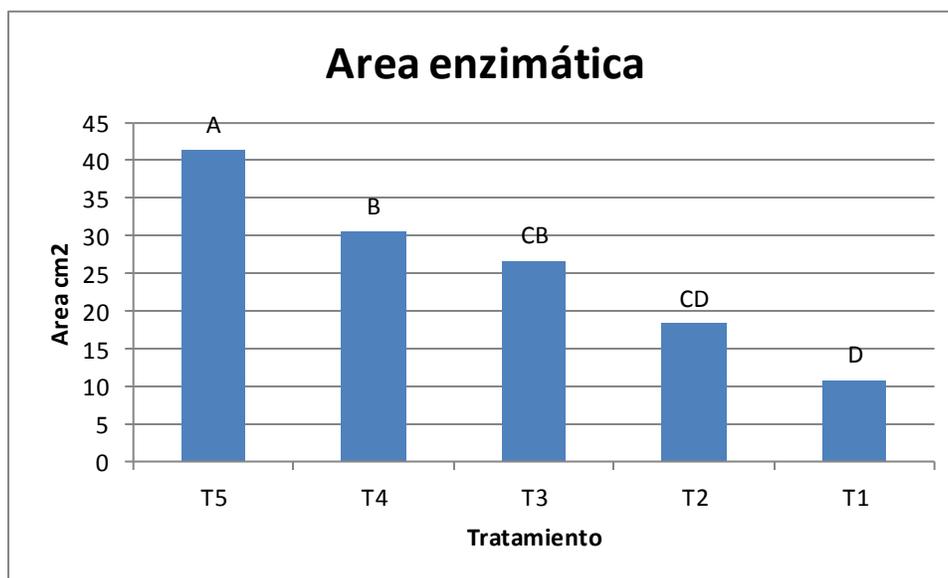
Grafica 2. Relación area protéica

Estudio de área protéica

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	80.413	3	1
A	73.430	3	2
B	51.327	3	4
B	49.197	3	3
C	29.747	3	5

Cuadro 3. Análisis de varianza área protéica

Esta área en particular demuestra una relación continua de los tratamientos correspondientes al suelo sin bocashi y con bocashi (1 y 2 respectivamente), en mayor extensión, curiosamente el tratamiento 3 y 4 muestran similitud en extensión y a pesar de que el tratamiento 5 corresponde a la misma fuente en distinto momento fue una disminución significativa.



Grafica 3. Relación area enzimática

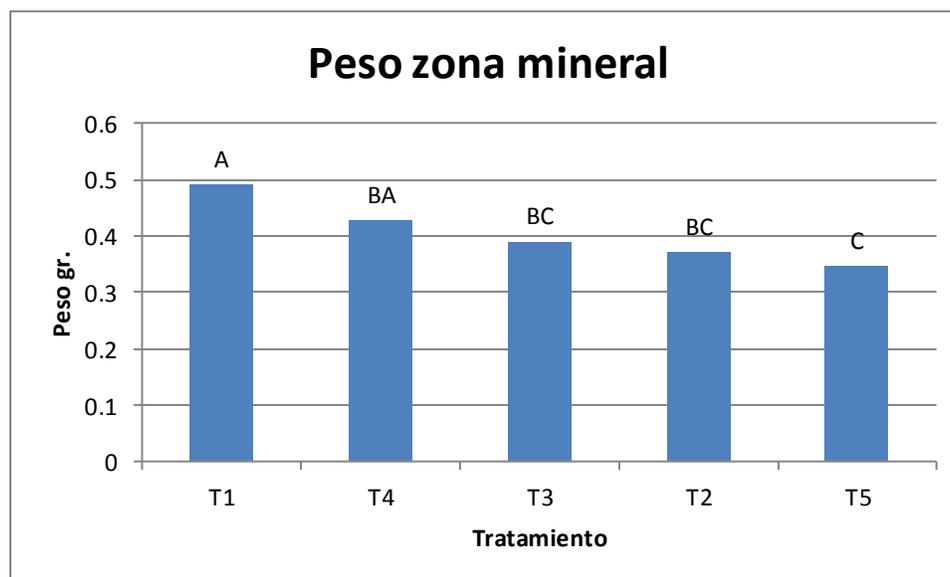
Estudio área enzimática

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	41.393	3	5
B	30.540	3	4
CB	26.760	3	3
CD	18.317	3	2
D	10.887	3	1

Cuadro 4. Análisis de varianza área enzimática

A pesar de ser los tratamientos 1 y 2 con mayor área abarcada para las anteriores zonas existe una inversión pues el bocashi en momento 2 (tratamiento 5), demuestra una amplitud superior que se recorre en decreciente para los siguientes tratamientos respectivamente.

De la misma manera procede a ser mostrados los resultados pertenecientes a los pesos de cada zona en los distintos tratamientos.



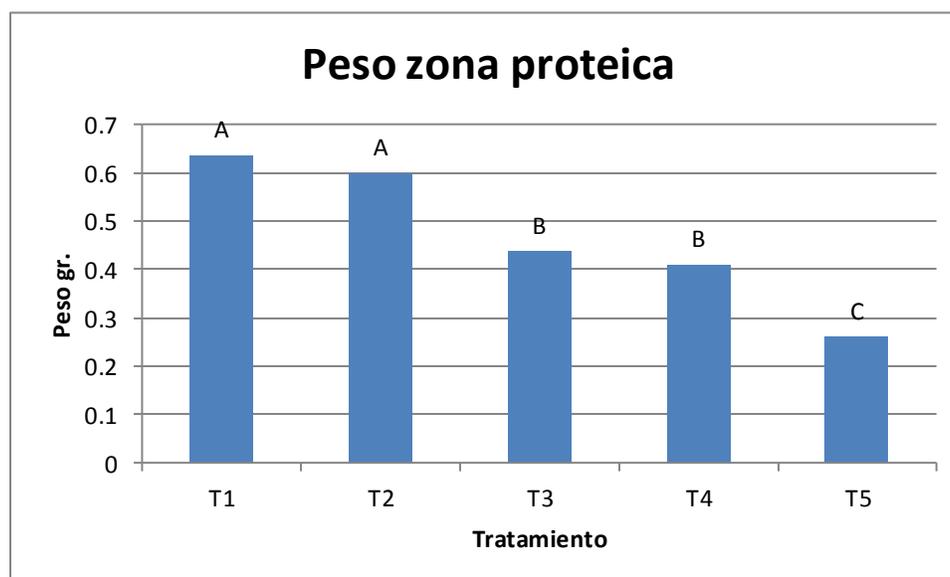
Grafica 4. Relación peso zona mineral

Estudio Peso zona mineral

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	0.49000	3	1
BA	0.42667	3	4
BC	0.39000	3	3
BC	0.37000	3	2
C	0.34667	3	5

Cuadro 5. Análisis de varianza peso zona mineral

Existe relación con las áreas y el tratamiento 1 es el mayor para este caso, los siguientes a pesar de presentar una ligera similitud (tratamiento 4,3 y 2), pero con la exclusión en diferencia para el bocashi en momento 2 (tratamiento 5).

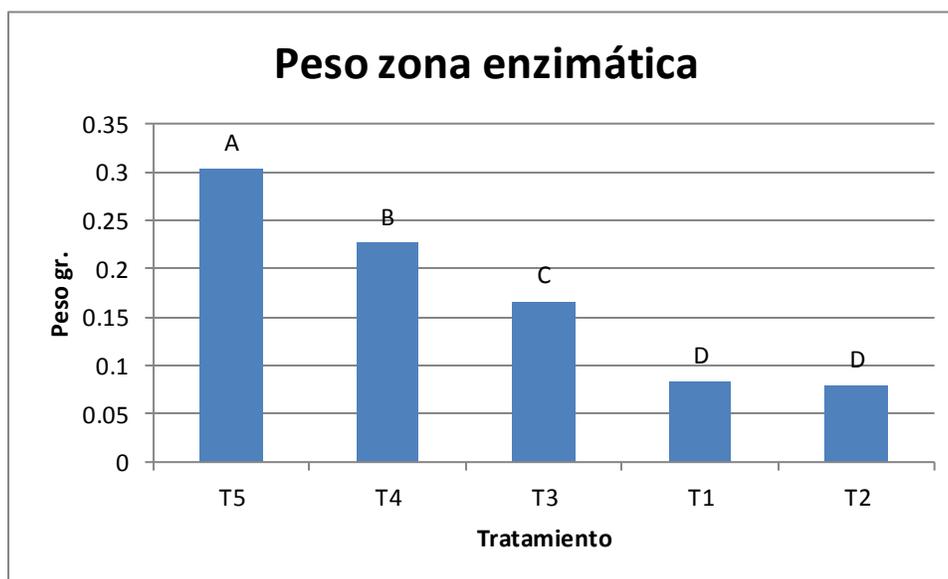
**Grafica 5.** Relación peso zona proteica

Estudio peso zona proteica

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	0.63667	3	1
A	0.60000	3	2
B	0.43667	3	3
B	0.41000	3	4
C	0.26000	3	5

Cuadro 6. Análisis de varianza peso zona proteica

Caso muy parecido en las áreas y es el patrón que repite para el peso de ésta zona (protéica), encabezando los valores mayores tratamientos 1 y 2, con sus sucesores tratamientos 3 y 4; para finalizar con las diferencias entre los cromas el tratamiento 5 con el peso menor para este caso.



Grafica 6. Relación peso zona enzimática

Estudio peso zona enzimatica

Tukey Grouping	Mean	No.	Trat
A	0.30333	3	5
B	0.22667	3	4
C	0.16667	3	3
D	0.08333	3	1
D	0.08000	3	2

Cuadro 7. Análisis de varianza peso zona enzimática

La diferencia marcada en los tratamientos para este parámetro evaluado a demostrado que la zona enzimática de los tratamientos 1, 2 y 3 tienen una marcada distancia con respecto a los del bocashi en momento 1 y 2 (tratamientos 5 y 4 respectivamente).

4.3 Costos de análisis

Costo de análisis de suelo (cooperativa agropecuaria, Gómez Palacio, Durango), al día 02/05/18 \$450 + IVA (16%), por muestra dando un total de \$522.

Costo de análisis de suelo “completo” (INIFAP- CENID RASPA, Gómez Palacio, Durango), al día 03/05/18, \$1,327 por muestra

Costo de análisis de suelo “completo” (UAAAN- UL, Torreón, Coahuila), al día 04/05/18, \$550 por muestra

Costo de un análisis por cromatografía de papel \$9.52 por muestra

5. Discusión

El análisis de suelo por medio de la cromatografía de papel, es una herramienta para la interpretación de los parámetros sobre la fertilidad de suelos, estos se expresan en calidad no arrojando datos cuánticos; sin embargo se pueden llevar a cabo mediciones de los resultados obtenidos en el papel y hacer comparaciones por áreas tal como lo indica la UNAM (2007), para poder procesar y verificar similitudes y diferencias entre cada cromatograma realizado.

Los resultados anteriormente presentados son evidencia de distintos grados de actividad biológica en los sitios donde se colectaron las muestras, así como del abono tipo bocashi elaborado a partir de los materiales alrededor del sitio. Partiendo de un análisis con el abono orgánico fermentado se puede apreciar, claramente la actividad al interior del mismo por el proceso de fermentación, esto es un buen indicador ya que de otra forma cuantificando unos cuantos elementos de la fracción mineral no se puede inferir en actividad microbiana tal como lo plantea Pfeiffer (1984).

Se puede hacer una interpretación a partir de los estándares mencionados por Pfeiffer (1984), ejemplo de esto en comunidades donde se ha adoptado la técnica de cromatografía de papel y que derivan sus resultados de un análisis propio con la técnica, posteriormente lo que obtienen se divulga y se comparten las formas en que los suelos trabajados se manejan. Ejemplo de ello las parcelas de agroecología de la UAAAN- UL, en contraste con el campo experimental de dicha institución, manejo de suelo distinto con la aplicación de compostas, rotación de cultivos y cobertura con los restos de cosecha por una parte, mientras que en la otra el uso de maquinaria es excesivo, aplicación de agrotóxicos a los sitios donde también hacen fuertes observaciones al respecto Pinheiro (1998); Pessagno *et al* (2007); Pérez *et al* (2013); Sheals *et al* (2003) y Damato (2009), despojo de cobertura vegetal en los periodos de “descanso”, solo por mencionar algunos aspectos, la diferencia en actividad biológica es evidente así lo demuestra el trabajo realizado con la técnica de Ehrenfried Pfeiffer, el autor Abad (2014).

La aplicación de esta técnica como lo menciona Pfeiffer (1984) y Nivia (2017), no sustituye a un análisis cuantitativo convencional de elementos químicos, en efecto ya que se trata de una metodología completamente diferente. Se puede con base a los autores, complementar y llevar de la mano cromatografía de papel con análisis químico de suelos. Para fines prácticos refleja Abad (2014), que la técnica es accesible para las personas que no tienen acceso a un laboratorio y quieren descubrir en qué estado de salud se encuentra el mismo, esto es real ya que una comparación de precios con los reactivos y todo el material necesitado dividido entre el número de cromatografías que se obtienen por adquisición contra un análisis convencional, resulta por demás conveniente la cromatografía de papel.

Muñoz (2011) y Morris (1984), quienes realizaron comparaciones de análisis de suelos con cromatografía de papel, expone en los diferentes cromatogramas los resultados de las dosis de fertilización industrial, manejo de foresta natural y hacen observaciones acerca de las correcciones que se tienen que efectuar, esto en base a los impactos que los fertilizantes generan. Otro claro ejemplo de la relación que existe con la agricultura intensiva antes señalada por Ehrenfried Pfeiffer, la hace Restrepo & Pinheiro (2011), diferentes tipos de suelo, con diferentes manejos respectivamente destacan los impactos negativos que genera la agricultura industrial tan fuertemente arraigada, que progresivamente llevan al suelo a una degeneración de salud.

Si bien, no se cuantifica la presencia de elementos se verifica la actividad que estos desarrollan y si dichos elementos están activos biológicamente para llevar a cabo una nutrición adecuada, además de saber en qué fase de descomposición se encuentran los abonos orgánicos, esto con la finalidad de saber cómo arreglar algún daño que se presente en los procesos de elaboración que puedan sugerir un perjuicio en vez de beneficio como exponen Velázquez (2009) y Gordillo (2010). Los impactos a la salud del suelo por sustancias xenobioticas son verificados por esta técnica, pues la microbiología es la encargada de mantener soluble lo insoluble, son

estos diminutos seres junto con la microbiología quienes se encargan de mantener fértil el tan olvidado y maltrecho suelo que nos alimenta, entonces es una herramienta accesible con la que se puede generar un cambio hacia la delgada capa que alimenta a la humanidad.

6. Conclusión

La cromatografía de papel es una herramienta que determina parámetros cualitativos, se puede ingresar a una base de datos cuánticos por áreas para determinar su variabilidad entre cada muestra que se analiza. En cada caso analizado por esta técnica se obtuvieron relaciones entre las distintas zonas, de acuerdo a la naturaleza y reflejo del trabajo realizado en los distintos suelos así como del abono tipo bocashi.

La comparativa para corroborar su función se realizó de manera satisfactoria al demostrar los diferentes niveles de salud en los que se encuentran las muestras analizadas, habiendo diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Se asegura la accesibilidad debido a los bajos costos con los cuales se puede operar esta técnica de cromatografía, ya que los materiales y la cantidad de estudios que se pueden llevar a cabo son por demás ventajosas.

7. Literatura citada

- Abad F. J. (2014). "Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales". Universidad de Cuenca, Ecuador, 175 p.
- Alexandrovskiy A. L. (2007). Rates of soil- forming processes in three main models of pedogenesis. *Revista Mexicana de ciencias geológicas*, 24 (2), pp. 283-292
- Bouwman A. & R. Langdon (1984). Manual para prácticas de conservación de suelos. Quito, Ecuador, 40 p.
- Castellanos J. Z., J. X. Uvalle & A. Aguilar (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA, 226 p.
- Damato G. (2009). The hidden dangers of Roundup. Wed Source: naturalnews.com, 3 p.
- Ettre L.S. (2003): «M. S. Tswett and the invention of chromatography». *LC-GC North America*, 21 (5), 459-467.
- FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia, 99 p.
- FAO (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Cartilla informativa
- Fassbender, H. W. (1994). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura, San José, Costa Rica, 420 p.
- Félix, J. A., R. R. Sañudo, G. E. Rojo, R. Martínez & V. Olalde (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4 (1) pp. 57- 67
- Fersman, A. E. (1940). *Geoquímica recreativa*, 541 p.
- Galeano, E. (1998). *Patatas arriba la escuela del mundo al revés*. Siglo XXI editores, México D.F., 258 p.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, C. R., 359 p.
- Google Earth Pro (2017). Altura ojo 1.5 km. Imagen satelital del 30 de Noviembre de 2017
- Gordillo, F. A. (2010). "Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros". Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil- Ecuador 95 p.
- Hernández, B. R. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de suelos frutícolas de manzano con dos tipos de manejo, en Canatlán, Dgo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna 57 p.
- INIFAP (2002). Alternativas de preparación del suelo para cultivos de riego en la zona media potosina. Folleto técnico núm. 17, 15 p.
- INIFAP (2004). Como evaluar la compactación del suelo y su cobertura por residuos de cosecha. Folleto técnico (7), 42 p.
- Khan, S. A., R. L. Mulvaney, T. R. Ellsworth & C. W. Boast (2007). The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality*. 36 pp. 1821- 1832

- Laliberte, E., J. B. Grace, M. A. Huston, H. Lambers, F. P. Teste, B. L. Turner & D. A. Wardle (2013). How does pedogenesis drive plant diversity?. *Trends in ecology & Evolution*. 28 (6) p. 331- 340
- Lopez, E. (1983). *Geología General (tomo I)*. Secretaría de Educación Pública, 357 p.
- Macias, S., M. A. Montenegro, T. Arregui, M. I. Sánchez, M. A. Nazareno & B. López (2003). Caracterización de acelga fresca de Santiago del estero (Argentina) Comparación del contenido de nutrientes en hoja y tallo evaluación de los carotenoides presentes. *Ciencia y tecnología de alimentos, Campinas*, 23 (1) pp. 33-37
- Margulis, L. & D. Sagan (1986). Microcosmos cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos. *Metatemas* 39, 313 p.
- Margulis, L. & D. Sagan (1995). ¿Qué es la vida?. *Metatemas* 208 p.
- Morris, R. (1984). A chromatographic approach to the diagnosis of humus quality and some implications for forest management. The University of British Columbia, 100 p.
- Muñoz, S. M. (2011). Comparación de análisis químico convencional de suelos con la técnica de cromatografía para agricultura orgánica en transición. Universidad de El Salvador, 327 p.
- Nivia, I. N. (2017). Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnostico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Mosquera, 69 p.
- Pérez, M. A., H. Navarro & E. Mirada (2013). Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29, pp. 45- 64
- Pessagno, R. C., R. M. Torres. & A. M. dos Santos (2007). Glyphosate behavior at soil and mineral- water interfaces. *Environmental Pollution* 153, pp. 53- 59
- Pfeiffer, E. & G. Stapledon (1947). *THE EARTH'S FACE Landscape and its relation to the health of the soil*. Rodale press, 180 p.
- Pfeiffer, E. (1984). *Chromatography applied to quality testing*. Bio- dynamics, Wyoming, Rhode Island, 70 p.
- Pinheiro, S. (1998). *Cartilla de agrotóxicos*. Fundación Juqira Candirú, 65 p.
- Ramírez, L. G. (2009). Determinación de pesticidas en vegetales mediante cromatografía de gases- espectrometría de masa/ masa (GC- MS/MS). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajapan de León, Oaxaca, México, 92 p.
- Ramos, D. & A. E. Terry (2014). Revisión bibliográfica generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35 (4) p. 52-59
- Ramos, D., A. E. Terry, F. Soto & J. A. Cabrera (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en bocas del toro, Panamá. *Cultivos tropicales*, 35 (2) p. 90- 97
- Ratushnyak, A. A., M. G. Andreeva, O. V. Morozova, G. A. Morozov & M. V. Trushin (2008). Effect of extremely high frequency electromagnetic fields on the microbiological community in rhizosphere of plants. *International Agrophysics*, 22 pp. 71- 74

- Restrepo, J. & S. Pinheiro (2009). Agricultura orgánica harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos. Juquira Candirú Satyagraha. Cali, Colombia, 204 p.
- Restrepo, J. & S. Pinheiro (2011). Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia, 252 p.
- Restrepo, J. (2007). Manual práctico ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra. Fundación Juquira Candirú. Cali, Colombia, 262 p.
- Rodrigues, A. C., F. Cavalcante, A. P. de Oliveira, J. T. de Sousa & F. O. Mesquita (2009). Production and mineral composition of yellow passion fruit in soil with "supermagro" biofertilizer and potassium. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13 (2), pp. 117- 124
- Rojas, C., S. L. Stephenson, R. Valverde & A. Estrada (2012). A biogeographical evaluation of high- elevation myxomycete assemblages in the northern Neotropics. *Fungal Ecology*, 5 pp. 99- 113
- Rossotti, A. (2005). Reconstrucción de la historia eruptiva de la "pómez citlaltepétl" (volcán pico de Orizaba). Universidad Nacional Autónoma de México 142p.
- Rossotti, A., G. Carrasco, M. Rosi & A. Di Muro (2006). Eruptive dynamics of the "Citlaltepétl pumice" at Citlaltepétl volcano, Eastern México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 158 pp. 401- 429
- Rucks, L., F. Garcia, A. Kaplán, J. Ponce & M. Hill (2004). Propiedades físicas del suelo. Facultad de agronomía Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 68 p.
- Saldaña, M. I., R. Gómez, M. C. Rivera, J. D. Álvarez, C. F. Ortíz & J. M. Pat (2014). Efecto de abonos orgánicos en la dinámica microbológica del suelo y producción de *Alpina purpurata* (Vieill) K. Schum. *Interciencia*, 39 (11) p. 809-815
- Schaaf, P. & G. Carrasco (2010). Geochemical and isotopic profile of Pico de Orizaba (Citlaltépétl) volcano, Mexico: Insights for magma generation processes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 197 pp. 108-122
- Serrato, R., Á. Ortiz, J. Dimas & S. Berúmen (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la comarca lagunera, México. *Terra*, 20 pp. 329- 336
- Sheals, J., M. Granström, S. Sjöberg & P. Persson (2003). Coadsorption of Cu(II) and glyphosate at the water-goethite (α -FeOOH) interface: molecular structures from FTIR and EXAFS measurements. *Journal of Colloid and Interface Science*, 262 pp. 38-47
- Simon, J. I. (2014). Manual de microbiota en la remineralización de suelos en manos campesinas. Gaia Uruapan, Michoacan, 90 p.
- Steiner, R. (1924). Agriculture. Bio- Dynamic Farming and Gardening Association, Inc. Junction City, Oregon, 287 p.
- Suerda, R. J. (2008). Historia de la mineralogía. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, 213 p.
- Tompkins, P. & C. Bird (1974). La vida secreta de las plantas. Harper & Row, publishers Inc. New York, USA, 407 p.

- Universidad Nacional Autónoma de México (2007). Técnicas cromatográficas, Facultad de química, Química analítica instrumental II, 123 p.
- Valencia, Y., S. F. Potosí, E. M. Valencia & I. Bravo (2010). Validación de una metodología para la determinación de carbofurán en suelos mediante cromatografía líquida de alta eficiencia con detección ultravioleta (CLAR-UV). *Revista Colombiana de Química*, 39 (3) pp. 359- 370
- Velázquez, A. (2009). La biología de la rizosfera a través de un papel de cromatografía. Memoria de exposiciones Innovak Global
- Weier, T. E., R. Stocking & M. G. Brabour (1980). *Botánica*. Editorial Limusa, México, 741 p.

8. Anexo

Elaboración de cromatografía

1. Se maceró la muestra de suelo y bocashi
2. Se tomaron 5 gr de cada muestra respectivamente, ambas se introdujeron en un matraz Erlenmeyer con capacidad de 125 ml
3. Posteriormente agregar la solución de hidróxido de sodio en cantidad de 50 ml
4. Después de lo cual procede a agitarse 7 vueltas hacia la derecha y 7 hacia la izquierda alternando hasta completar 49 giros en total
5. Dejar en reposo por 15 minutos y repetir el paso numero 4
6. Dejar en reposo por 1 hora y repetir el paso numero 4
7. Finalmente la solución se deja en reposo absoluto por 6 horas
8. El papel filtro se perfora en el centro con la aguja de disección procurando que el orificio no rebase los 2 mm de diámetro, acto seguido se delimitan las zonas de recorrido de nitrato de plata y corrida final con la solución, a 4 y 6 cm respectivamente del centro del papel filtro, esto con un lápiz suave y una marca tenue
9. Siguiendo con el proceso se introduce el pabito en el orificio del papel filtro con mucho cuidado procurando que el mismo no atrofie el orificio ni se des enrolle
10. En una taparosca se agregan de 1.5 a 2 ml de la solución de nitrato de plata (AgNO_3), que se introducirá en una caja petri de 10 cm de diámetro
11. Procedemos a colocar el papel filtro con el pabito dentro de la taparosca con la solución y esperamos a que este se impregne a los 4 cm de radio
12. Una vez alcanzada la zona delimitada se toma el papel filtro y se le extrae el pabito por la parte inferior cuidando que la mano con la que se manipula el papel no toque jamás el nitrato de plata, de igual manera con la mano que se extrajo el pabito se tiene que cuidar no palpar el papel ya que lo manchará y dará revelaciones erróneas
13. Procedemos a guardar el papel filtro impregnado en una caja de "revelación", la cual está forrada de papel aluminio para evitar la presencia de iluminación,

colocando papel secante en forma de “sándwich” (entre papel secante y hojas blancas) sin presionarlo

14. Se guarda la caja en un lugar oscuro y se deja secar en dicha zona de 4 a 6 horas, después de 12 horas el papel se vuelve inservible para realizar la corrida final
15. Una vez secado el papel filtro, se coloca una caja petri de 5 cm de diámetro dentro de la de 10 cm de diámetro y se le colocan de 10 a 15 ml del sobrenadante de la solución con NaOH, cuidando que en ningún momento la aguja toque los sedimentos, ni los mueva
16. Se le coloca un nuevo pabilo por la parte superior (muescas de papel filtro hacia abajo), con cuidado y procedemos a ponerlo en la solución procurando que el pabilo llegue a la solución
17. Se espera que complete el recorrido de 6 cm de radio y se retira el papel filtro desechando nuevamente el pabilo por la parte inferior
18. Se coloca en hojas de papel (que no contengan tinta), y se dejan secar en la sombra por 24 horas para su primera observación, para la observación final se espera de 10 a 15 días aunque E. Pfeiffer asegura que pueden tomar como máximo 15 días para que el cromograma tome su color definitivo
19. Pasado el tiempo de espera se etiqueta en la zona periférica y se hacen las interpretaciones del mismo

Estándares y patrones de cromatografías

Patrones de cromatogramas y coloraciones por Restrepo & Pinheiro (2011), mostradas a continuación

Zona central: zona donde reacciona el nitrato de plata con los elementos de la muestra analizada. En muchos casos no se manifiesta debido principalmente al maltrato o la destrucción del suelo. Si está presente es de color negro, ceniza o gris para este en particular. Pero también este puede ser de color blanco muy bien definido debido a la reacción del nitrato de plata con sustancias de alto contenido nitrogenado, también por los abonos orgánicos ricos en nitrógeno pero mal procesados. Finalmente, el centro de una coloración blanco cremosa que se desvanece suavemente para integrarse con la zona próxima, es un indicador de un

suelo con buena estructura, no compactado, con abundante materia orgánica activa y sobresaliente actividad tanto microbiológica como enzimática y de acción benéfica.

Zona interna: Se concentra la gran mayoría de los minerales y sustancias más pesadas que hacen reacción con el nitrato de plata. Puede estar integrada o no con las demás, lo cual depende del tipo de suelo analizado y los impactos que haya sufrido.

Zona intermedia: es aquí donde se expresan tanto la presencia como la ausencia de la materia orgánica; es bueno aclarar, que la presencia de materia orgánica en este tercer anillo no significa necesariamente que se encuentre totalmente integrada al suelo ni biológicamente activa en él.

Zona externa: cuarto y último anillo de la figura. Cuando se manifiesta de forma gradual y armónica como nubes onduladas muy tenues o lunares suaves de colores cafés, se está en la cumbre de la calidad de un suelo saludables y pleno de vida. Las diversas nubecillas que se forman allí indican la abundancia y variedad nutricional disponible activa permanente e inmediatamente para interactuar endosimbioticamente con el cultivo.

Coloración: Los colores que reflejan el buen estado evolutivo y saludable tanto de los suelos como de los abonos son amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro y tonalidades verdosas. Cuando en un cromograma se encuentra la combinación de cafés claros y muy oscuros, se está ante un proceso intermedio de desarrollo, en el cual la materia orgánica está cruda, acumulada o en etapa de maduración e integración en el abono o al suelo.

PATRÓN DE COLORES PARA EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE SUELOS



Fig. 24. Patrón base de las coloraciones de una cromatografía en papel y su interpretación de acuerdo a evidencias en el sitio de donde proviene la muestra (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

Ahora bien las principales coloraciones no deseables son las siguientes: Negro, ceniza, pardo muy oscuro, violeta, gris y tonalidades azuladas. Estas demuestran un mal estado evolutivo y no saludable de los suelos y de los abonos orgánicos procesados o en proceso.

EVOLUCIÓN DE LA ZONA CENTRAL DE TRES CROMATOGRAMAS DE ACUERDO CON SU COLORACIÓN

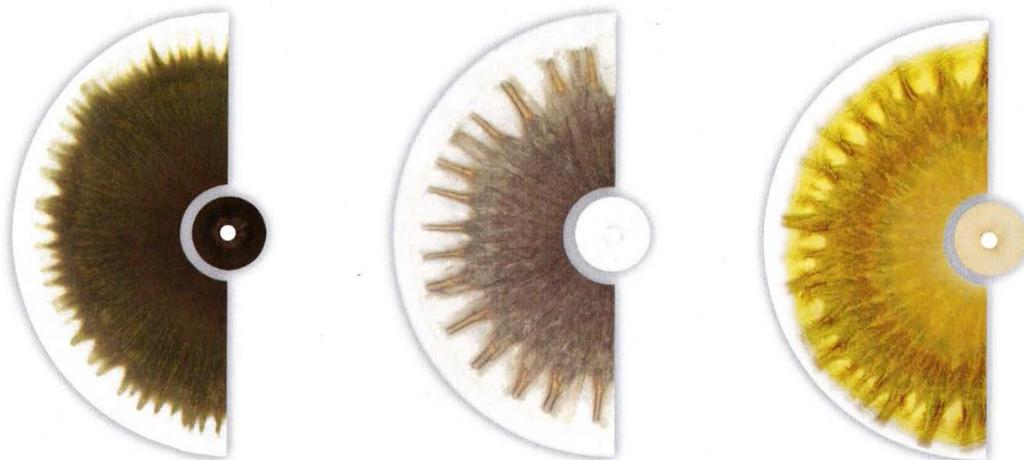


Fig. 25. De izquierda a derecha, zona central oscura corresponde a suelos deteriorados en su estructura y aplicación de fertilizantes industriales; centro, cromatografía con zona central de color muy blanco y claramente apreciado, principalmente corresponde a abonos orgánicos crudos y con alta presencia de nitrógeno o adulterados con fertilizantes industriales a base de urea; finalmente la imagen de la derecha, su zona central de color crema acompaña a cromatogramas de suelos de buena calidad trabajados con los principios de la agricultura orgánica (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

Por otro lado, que se observa la coloración también se puede apreciar la radiación que los cromas presentan. Regularmente la radiación registra una evolución gradual, que va desde una formación de líneas muy rectas que parten de la zona central hasta una formación de múltiples caminos sinuosos que asemejan un penacho de plumas de diversos tamaños. Cuando la radiación está ausente es señal que el suelo está deteriorado, sin ninguna estructura; pero si la cromatografía presenta radiaciones de caminos sinuosos es señal de que el mismo comienza a recuperar actividad microbiológica, mejora en la estructura y de mejor calidad. Y cuando los diversos caminos explotan al final del círculo de la figura y forman nubecillas o lunares de color café suave en diferentes tamaños es señal de un suelo de excelente calidad.

EVOLUCIÓN RADIAL DE LOS ANÁLISIS
CROMATOGRÁFICOS DE SUELOS

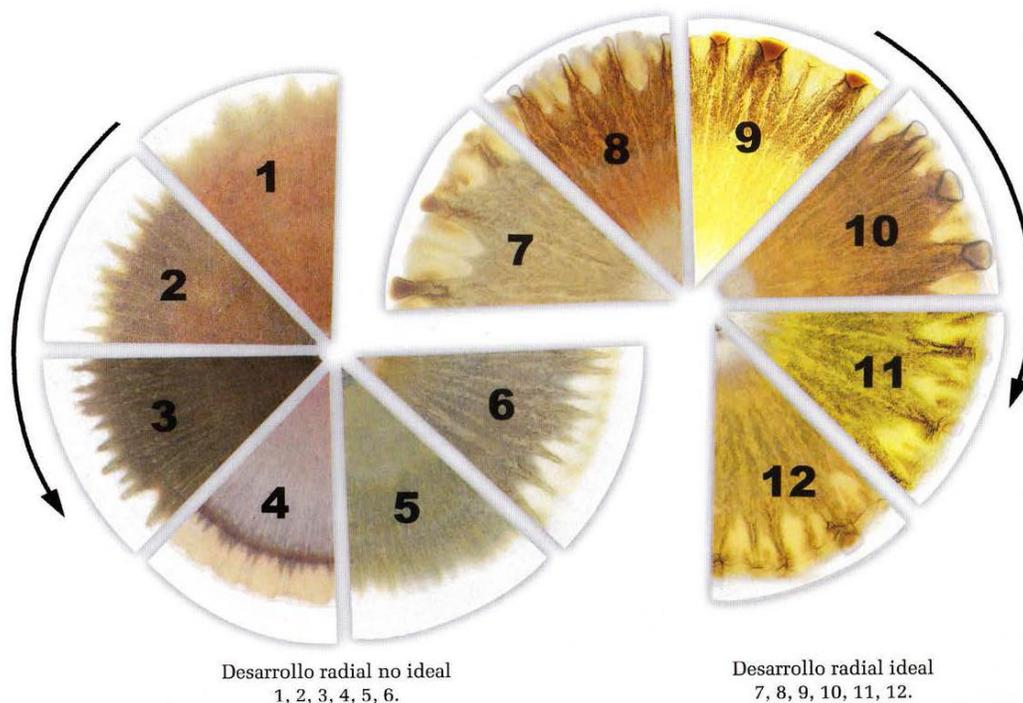


Fig. 26. Evolución radial no deseada 1-6, donde emergen picos en forma muy recta y no de caminos sinuosos, carentes de actividad biológica por el manejo industrializado; contraparte 7-12, caminos sinuosos que surgen de la zona central y cruzan por todo el papel hasta terminar en una ligera explosión con la zona enzimática (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

SEIS CARACTERÍSTICAS DIFERENTES DE LA TERMINACIÓN DE LOS DIENTES DE UN CROMATOGRAMA

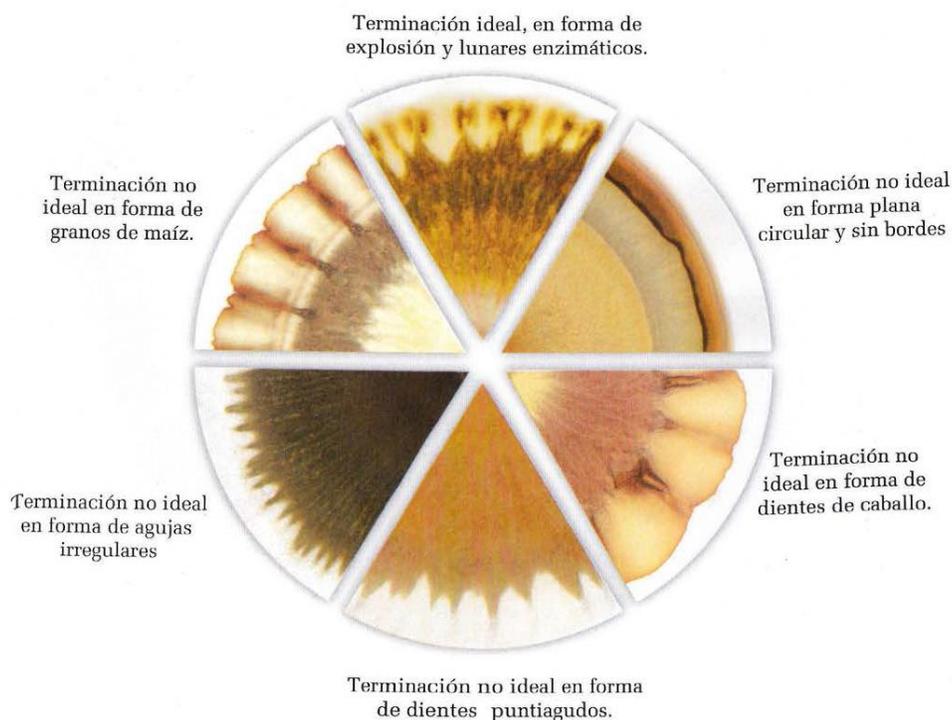
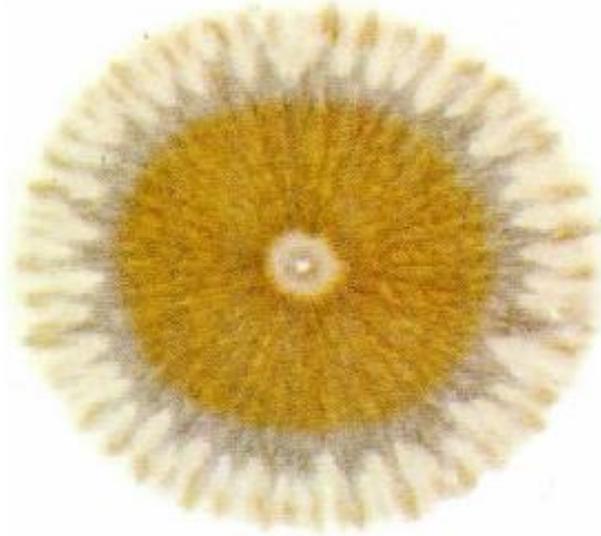


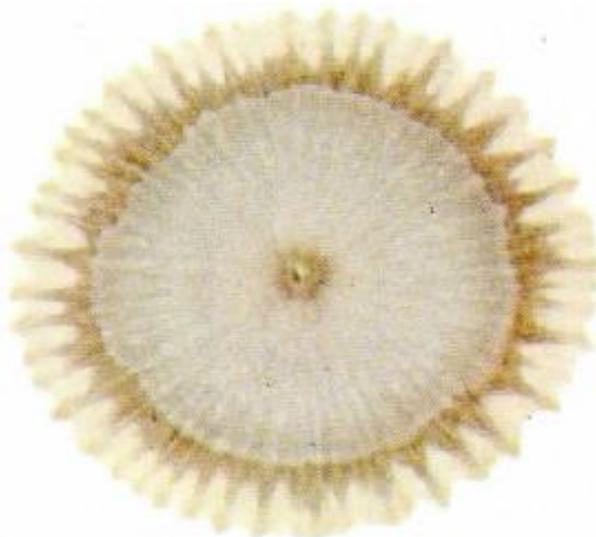
Fig. 27. Muestra de las distintas terminaciones de los cromatogramas, de acuerdo a la actividad microbiológica así como la calidad de la misma (Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2011)

Reforzando su obra inicial Pfeiffer (1984), pone a disposición sus estándares con los que realiza sus interpretaciones al igual como sus observaciones en el sitio de donde proceden las muestras a analizar. Las coloraciones café en la zona mineral demuestra una actividad correcta de los elementos presentes, mientras que el color violeta evidencia una condición no deseable, así mismo la zona externa con los “manchones” café claros difuminados demuestra una condición natural de fertilidad, humus estable y estructura friable; la coloración violeta es una fuerte indicación de que la fertilidad del mismo suelo está en condiciones deplorables pues no hay minerales viables para las raíces de las plantas, microbiología escasamente desarrollada.

CHROMATOGRAMS OF SOILS



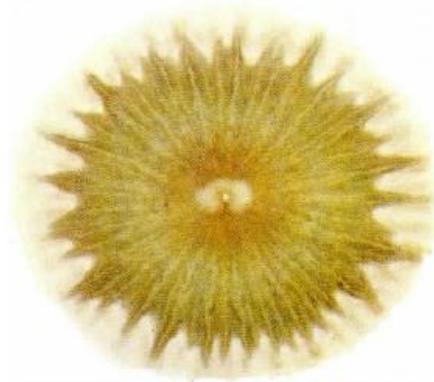
1. VIRGIN SOIL, VERY FERTILE.



2. ADOBE SOIL, DEAD.

Fig. 28. Comparativa, suelo virgen del rio *Missouri*(1), el cual posee humus estable, estructura friable y a tope de fertilidad, zona media se adentra a la externa con picos que la relacionan, la zona interna de coloración café oscuro; contrastando suelo arcilloso de *California*(2), pobre aireación y posee problemas estructurales, microflora pobremente desarrollada, la ausencia de humus es evidente debido a la desvanecida coloración café de la zona externa y media del cromatograma, la zona

interna es amplia y de color violeta desvanecido indicando los problemas minerales que el mismo presenta, suelo “muerto” (Fuente: Pfeiffer, 1984)



3. BOTTOM LAND SOIL, MEDIUM FERTILE. WATERLOGGED.



4. “BLACK DIRT”, VERY FERTILE.

Fig. 29. Comparativa de un suelo con problemas de encharcamiento en el sudeste de *New York*, humus ácido, el desvanecido de la zona externa la cual indica formación de humus coloidal estable; Suelo “negro” del sudeste de *New York*, contiene un alto contenido de materia orgánica, de cualquier manera no es un suelo de turba o musgo, con buena aireación, la inmensa mayoría de los vegetales crecen en él (Fuente: Pfeiffer, 1984).