

**ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y
MICROBIOLÓGICAS DE UN SUELO CULTIVADO CON PIÑA Y SOMETIDO A LA
FUMIGACIÓN CON EL INSECTICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO EN EL
MUNICIPIO DE LEBRIJA, SANTANDER.**

BAILBY YUSSELY ZAMBRANO MONSALVE

DIRECTORA:

Ph. D MARIA IRENE KOPYTKO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2019

ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE UN SUELO CULTIVADO CON PIÑA Y SOMETIDO A LA FUMIGACIÓN CON EL INSECTICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA, SANTANDER.

Proyecto como prerrequisito para la aprobación de proyecto de grado para optar por el título de ingeniero ambiental.

BAILBY YUSSELY ZAMBRANO MONSALVE

DIRECTORA:

Ph. D MARIA IRENE KOPYTKO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, marzo, 2019.

Dedicado a Dios, a mis padres y a mis familiares.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, quien me brindo la salud y el carácter de formarme como Ingeniera Ambiental, me brindo conocimiento y a pesar del cansancio y los problemas me guio por el mejor camino permitiendo alcanzar una de mis metas.

Gracias Dios por permitirme tener en mi vida a mis padres. Mi padre un hombre, caballeroso, amable y trabajador (Que en paz descansa). A mi madre un mundo de amor, esfuerzo, dedicación y comprensión. Son ellos mis ejemplos de ser mejor cada día y sobre todo de ser calidad de persona. Mi fuente de inspiración, mi motor de vida.

A mi familia por ser parte de mi vida y brindarme sonrisas de aliento.

A la PhD. María Kopytko quien ha sido mi apoyo en el proceso de investigación, por su guía, tiempo y paciencia. Y sobre todo por la confianza que me ha brindado.

A la MSc. Nohora Forero por su asesoría y acompañamiento en el proceso de investigación.

A la Esp. Martha Estévez por la asesoría y el acompañamiento.

A la Esp. Claudia Santoyo por la orientación y asesoría en la parte microbiológica.

A la Facultad Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad de Santander UDES, por sus valiosas asesorías en metagenomica.

A mis amigos por cada palabra de aliento brindada en esos momentos desesperantes, por los buenos momentos compartidos y por todas las experiencias.

A todos los docentes de la Universidad Pontifica Bolivariana Seccional Bucaramanga que contribuyeron a mi formación con sus aportes en conocimientos y experiencias.

Al personal del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental por su servicio y colaboración.

A las personas que me brindaron su colaboración en el transcurso de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	3
1. Objetivos	4
1.1. Objetivo general	4
1.2. Objetivos específicos	4
2. Marco Teórico.....	5
2.1. Generalidades De Suelo	5
2.2. Factores Que Intervienen En Los Suelos	5
2.2.1. El clima	5
2.2.2. Material parental.....	5
2.3. Propiedades Del Suelo	6
2.4. Propiedades Morfológicas De Suelo	7
2.4.1. Color.....	7
2.4.2. Perfil del suelo.....	7
2.5. Propiedades Físicas	8
2.5.1. Textura	9
2.5.2. Densidad.....	10
2.5.3. Porosidad.....	10
2.5.4. Permeabilidad e infiltración.....	11
2.6. Propiedades Químicas	12
2.6.1. pH.....	12
2.6.2. Acidez y Aluminio Intercambiable.	13
2.6.3. Capacidad De Intercambio Catiónico (CIC).....	14
2.6.4. Materia Orgánica (MO).....	14
2.6.5. Carbono Orgánico (CO).....	15
2.6.6. Fosforo Total (PT).....	16
2.6.7. Nitrógeno Total (NT).....	16
2.7. El Cultivo De La Piña (<i>Ananas comosus</i>).....	17
2.7.1. Morfología y requerimientos de la piña para su producción.	17
2.8. Descripción <i>Cochinilla</i> harinosa.....	18
2.9. Lorsban tm 4 EC.....	18
2.10. Insecticida biológico a base de capsaicina y nicotina	19
2.11. Metagenómica	20
2.12. Importancia de los microorganismos en el suelo.....	20
2.13. Características morfofisiológicas de Phylas presentes en los suelos cultivados.	21
2.13.1. Phylum <i>Actinobacteria</i>	21
2.13.2. Phylum <i>Planctomycetes</i>	22
2.13.3. Phylum <i>Acidobacteria</i>	22
2.13.4. Phylum <i>Verrucomicrobia</i>	22
2.13.5. Phylum <i>Firmicutes</i>	23
2.13.6. Phylum <i>Proteobacteria</i>	23
2.13.7. Phylum <i>Chloroflexi</i>	23
3. Metodología.....	24

3.1.	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de suelo cultivado con piña en el municipio de Lebrija, Santander	24
3.1.1.	Análisis de las propiedades físico químicas de suelo de interés.....	25
3.1.2.	Análisis de las propiedades microbiológicas del suelo de interés.....	27
3.2.	Verificación de los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico.	30
3.3.	Valoración de los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico.	31
4.	Datos y Análisis	32
4.1.	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de suelo cultivado con piña en el municipio de Lebrija, Santander.	32
2.13.1.	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos de interés.	32
2.13.2.	Evaluación de las propiedades microbiológicas iniciales de los suelos de interés.	34
4.2.	Verificación de los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico.	39
4.2.1.	pH.....	39
4.2.2.	Conductividad eléctrica.	41
4.2.3.	Acidez y aluminio intercambiable.	42
4.2.4.	Textura.	44
4.2.5.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	46
4.2.6.	Densidad aparente.	47
4.2.7.	Densidad real.	48
4.2.8.	Infiltración.	49
4.2.9.	Materia Orgánica.	50
4.2.10.	Carbono orgánico total.	51
4.2.11.	Fosforo total.....	51
4.2.12.	Nitrógeno total.....	52
4.3.	Valoración de los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico.	55
5.	Conclusiones	63
6.	Recomendaciones.....	65
7.	Bibliografía.....	66
Anexos		72
Anexo A.	Procedimiento de Extracción de ADN.....	72
Anexo B.	Textura de los suelos porcentajes de arena, arcilla y limo para cada suelo.	73
Anexo C.	Resultados de humedad gravimétrica inicial de los suelos de interés.	74
Anexo D.	Porcentaje de secuencias analizadas en los suelos de interés.	74
Anexo E.	Resultados obtenidos de metagenomica suelo B.....	75
Anexo F.	pH de Agua y KCl de los suelos de interés.	78
Anexo G.	Δ pH el suelo de interés.....	78

Anexo H. Textura de los suelos porcentajes de arena, finos y grava para cada suelo de interés.	79
Anexo I. Calculo de aluminio de meq/100g a ppm y cálculo de nitrógeno de NTK/Kg a %.	80
Anexo J. Clasificación taxonómica de la microbiota identificada, presente en el suelo B, C, FB Y FQ.	81
Anexo K. Análisis químicos de nitrógeno total, fosforo total y carbono orgánico total. ..	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre la densidad aparente y el tipo de suelo.	10
Tabla 2. Clasificación de los poros de un suelo según tamaño y su función.	11
Tabla 3. Relación entre la velocidad de infiltración, permeabilidad y tipo de suelo.	11
Tabla 4. Clasificación del suelo según el pH en Agua y KCl.	12
Tabla 5. Concentración de CIC presentes en el suelo.	14
Tabla 6. Clasificación de materia orgánica según el tipo de clima.	15
Tabla 7. Relación de porcentaje de carbono orgánico con el nivel de este elemento en el suelo.	15
Tabla 8. Clasificación de los niveles críticos y la dosis de deficiencia del fosforo.	16
Tabla 9. Interpretación de resultados de Nitrógeno.	17
Tabla 10. Resumen de las actividades realizadas en áreas experimentales.	25
Tabla 11. Métodos empleados para la determinación de características fisicoquímicas.	26
Tabla 12. Metodología empleada en el estudio metagenómico de las muestras.	28
Tabla 13. Proceso de extracción de ADN.	28
Tabla 14. Propiedades físico químicas iniciales presentes en los suelos de interés.	32
Tabla 15. Muestreo 1: Relación taxonómica inicial de la microbiota presentes en el suelo B.	34
Tabla 16. Muestreo1: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo C.	35
Tabla 17. Resultados de el Δ pH y la clasificación de suelo como intercambiador iónico.	40
Tabla 18. Interpretación de las características físico químicas de los suelos de interés.	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de rocas ígneas por acidez y composición.	6
Figura 2. Horizontes del suelo.	8
Figura 3. Triangulo textural	9
Figura 4. Estructura Química de Clorpirifos.	19
Figura 5. Ubicación de terreno y siembra del cultivo.	24

INDICE DE GRAFICAS.

Grafica 1. Distribución de secuencias de los Phyla identificados en los Suelos B y C.....	36
Grafica 2. Distribución de secuencias de los Géneros del Phylum <i>Actinobacteria</i> en suelos B y C.....	37
Grafica 3. Distribución de secuencias de los Géneros en suelos B y C.	38
Grafica 4. Cambio de pH de suelo de interés medido en agua.	39
Grafica 5. Conductividad de los suelos de interés.....	41
Grafica 6. Acidez intercambiable en suelos de interés.	42
Grafica 7. Aluminio intercambiable en suelos de interés.	43
Grafica 8. Curva granulométrica para suelo B.....	44
Grafica 9. Curva Granulométrica para suelo C.	44
Grafica 10. Curva granulométrica para suelo FB.	45
Grafica 11. Curva granulométrica para suelo denominado FQ.	46
Grafica 12. Capacidad de Intercambio Catiónico en los suelos de interés.....	47
Grafica 13. Densidad aparente en los suelos de interés.....	48
Grafica 14. Densidad real en los suelos de interés.	49
Grafica 15. Infiltración en los suelos de interés.	49
Grafica 16. Materia orgánica presente en los suelos de interés.....	50
Grafica 17. Carbono orgánico presente en los suelos de interés.....	51
Grafica 18. Fosforo total presente en los suelos de interés.	52
Grafica 19. Nitrógeno total presente en los suelos de interés.	53
Grafica 20. Distribución taxonómica de todos los Phylas en los suelos.	56
Grafica 21. Clasificación de género para Phylum <i>Actinobacteria</i>	57
Grafica 22. Clasificación de género para Phylum <i>Planctomycetes</i>	58
Grafica 23. Clasificación de género para Phylum <i>Acidobacteria</i>	59
Grafica 24. Clasificación de género para Phylum <i>Verrucomicrobia</i>	59
Grafica 25. Clasificación de género para Phylum <i>Firmicutes</i>	60
Grafica 26. Clasificación de genero para Phylum <i>Proteobacteria</i>	61
Grafica 27. Clasificación de género para Phylum <i>Chloroflexi</i>	62

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE UN SUELO CULTIVADO CON PIÑA Y SOMETIDO A LA FUMIGACIÓN CON EL INSECTICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA, SANTANDER.

AUTOR(ES): BAILBY YUSSELLY ZAMBRANO MONSALVE

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR(A): MARIA IRENE KOPYTKO

RESUMEN

El propósito de este proyecto fue analizar los cambios en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de suelos, cultivados con piña y sometido a la fumigación con insecticida químico y biológico, en el municipio de Lebrija, Santander. Se demostró que los suelos fumigados con insecticidas aportan cambios significantes en algunas de las propiedades fisicoquímicas como el cambio de textura de Franco-arcilloso-arenoso a Franco arenoso del suelo fumigado con insecticida químico. Las propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos de interés presentaron condiciones acidas con bajos valores de pH (4,25 a 4,65) y un nivel de aluminio intercambiable mayor a 1ppm, por lo que puede ejercer la toxicidad en estos suelos. La infiltración entre 175,85 y 397,57 cm/h y la densidad aparente de 1,64 g/cc, se ajusta al valor típico, para estos tipos de suelos agrícolas. Los bajos valores de carbono orgánico total (0,61% a 0,98%) y de la materia orgánica presente en un rango de 1,7% a 3,5%, junto con los bajos valores de nitrógeno total (420 a 476 mg NKT/Kg) señalan la necesidad de una fertilización constante de estos suelos. Los cambios en las características fisicoquímicas de los suelos no afectan notoriamente la distribución poblacional analizada mediante la metagenomica. Los Phylum Actinobacteria, Planctomycetes, Acidobacteria, Verrucomicrobia, Firmicutes, Proteobacteria y Chloroflexi se identificaron como habitantes frecuentes de suelo y sus actividades se asocian a los ciclos biogeoquímicos y degradación de materia orgánica en lo que se presume es una composición típica de suelo cultivado con Ananás comosus. La microbiota descrita en el estudio, permanece durante la aplicación de los insecticidas a pesar de los cambios señalados en las propiedades fisicoquímicas del suelo, lo que sugiere que la prevalencia se deriva de las estructuras de resistencia e interacciones ecológicas dadas al interior de las poblaciones microbianas.

PALABRAS CLAVE:

Piña, Suelo, Bioinsecticida, Metagenomica, Microbiota.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS OF CHANGES IN THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF A SOIL CULTIVATED WITH PINEAPPLE AND SUBJECTED TO FUMIGATION WITH CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDE IN THE MUNICIPALITY OF LEBRIJA, SANTANDER.

AUTHOR(S): BAILBY YUSSELLY ZAMBRANO MONSALVE

FACULTY: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: MARIA IRENE KOPYTKO

ABSTRACT

The purpose of this project was to analyze the changes in the physicochemical and microbiological properties of soils, cultivated with pineapple and subjected to fumigation with chemical and biological insecticide, in the municipality of Lebrija, Santander. It was demonstrated that the soils fumigated with insecticides contribute with significant changes in some of the physicochemical properties such as the change of texture from clay-loamy-sandy to sandy-loam soil fumigated with chemical insecticide. The initial physicochemical properties of the soils of interest presented acidic conditions with low pH values (4.25 to 4.65) and an exchangeable aluminum level greater than 1 ppm, which can exert toxicity in these soils. The infiltration between 175.85 and 397.57 cm/h and the apparent density of 1.64 g/cc, is adjusted to the typical value for these types of agricultural soils. The low values of total organic carbon (0.61% to 0.98%) and of the organic matter present in a range of 1.7% to 3.5%, together with the low values of total nitrogen (420 to 476 mg NKT/Kg) point out the need for constant fertilization of these soils. The changes in the physicochemical characteristics of the soils do not noticeably affect the population distribution analyzed by metagenomics. The Phylum Actinobacteria, Planctomycetes, Acidobacteria, Verrucomicrobia, Firmicutes, Proteobacteria and Chloroflexi were identified as frequent inhabitants of soil and their activities are associated with the biogeochemical cycles and degradation of organic matter in what is presumed to be a typical composition of soil cultivated with Ananás comosus. The microbiota described in the study remains during the application of the insecticides despite the changes indicated in the physical-chemical properties of the soil, which suggests that the prevalence is derived from the resistance structures and ecological interactions given to the interior of the microbial populations.

KEYWORDS:

Pineapple, Soil, Bioinsecticide, Metagenomics, Microbiota.

Introducción

Según la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la producción de piña a nivel mundial se calcula en 19'166.560 toneladas y a nivel de Colombia 512.496 toneladas al año, cuyos rendimientos esta aproximadamente 50 toneladas por hectárea. El cultivo de la piña en el departamento de Santander ha ocupado una superficie de 5.653 hectáreas que corresponde al 39,19% del territorio nacional (FINAGRO, 2013). A pesar de tener el liderazgo en este cultivo, en los años recientes se ha registrado un descenso en la producción de piña debido a los elevados costos, correspondientes al uso de grandes cantidades de insecticida químico (Lorsban 4 EC).

Considerando que los insecticidas químicos son sintetizados artificialmente, sus estructuras químicas son desconocidas para los microorganismos, por lo cual no se degradan fácilmente y su permanencia ejerce acción toxica en los ecosistemas. En consecuencia, esto conllevaría a un deterioro de la calidad del suelo, impidiendo su uso agrícola.

En contraste los insecticidas biológicos utilizan componentes naturales, que son compuestos sintetizados por la naturaleza. Por lo tanto, su impacto sobre el ecosistema, se espera, que sea menor que un impacto generado por insecticida químico. Desafortunadamente, hay pocos reportes en la literatura que confirman esta hipótesis y permiten ver la alteración específica de microbiota y cambio de propiedades fisicoquímicas en los suelos cultivados.

Por lo anterior, en el presente proyecto se analizan los cambios en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un suelo, cultivado con piña y sometido a la fumigación con insecticida químico y biológico, en el municipio de Lebrija, Santander. En este estudio se aplicó una nueva técnica, denominada metagenómica, cual permite estudiar la población de microorganismos presentes en el suelo cultivado, aportando información sobre la gran población de la microbiota presente.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

- Analizar los cambios en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un suelo, cultivado con piña y sometido a la fumigación con insecticida químico y biológico, en el municipio de Lebrija, Santander.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de suelo cultivado con piña en el municipio de Lebrija, Santander.
- Examinar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico.
- Comparar los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico.

2. Marco Teórico

2.1. Generalidades De Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra que se forma por medio de la desintegración de las rocas y acción de la temperatura, agua y viento (FAO, 2018). El suelo está compuesto de minerales provenientes de la roca madre, materia orgánica producto de la descomposición de animales muertos, vegetales y microorganismos encargados de desplazar la materia orgánica y descomponerla, permitiendo la liberación de nutrientes, el crecimiento de las raíces, aireación y el almacenaje del agua (León, 2000).

2.2. Factores Que Intervienen En Los Suelos

Los factores que intervienen en la formación de los suelos los modifican constantemente, por esto un suelo es un sistema dinámico. Entre estos factores están: el clima, el material parental, los organismos, el relieve y el tiempo.

2.2.1. El clima.

El clima de cada región es un factor determinante en la formación del suelo. Está depende de factores como los vientos, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la cercanía al mar, las corrientes marinas, la vegetación entre otros. Además, influye en el crecimiento de la flora y la fauna que son los grandes precursores del origen de la materia orgánica.

El clima puede afectar las propiedades del suelo, como materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), y granulometría. Estas propiedades se alteran por la influencia de la temperatura y la lluvia. El nitrógeno y la materia orgánica pueden disminuir en climas fríos y cálidos, y la precipitación aumenta en climas fríos (Jaramillo, 2002).

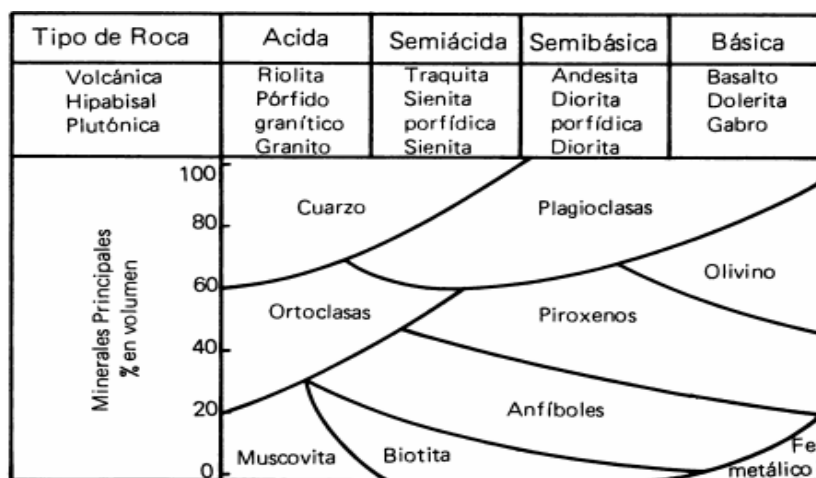
2.2.2. Material parental.

El material parental es la materia prima del suelo. Debido a las diferentes condiciones ambientales se puede presentar varios aspectos físicos y químicos. La roca madre está expuesta al proceso de meteorización, que producen la transformación del saprolito. Esta alteración lleva a los procesos de

cambio a través del tiempo permitiendo obtener diferentes tipos de suelo. En climas húmedos la fertilidad es mayor porque estos iones son más solubles en agua y reaccionan con facilidad.

Las rocas parentales se clasifican en tres grupos: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Las rocas ígneas que son generalmente acidas, son las que constituyen la corteza terrestre que está compuesta de 2 a 10 minerales y por lo general estos minerales son ácidos (Ver Figura 1) (Duran, 2004).

Figura 1. Clasificación de rocas ígneas por acidez y composición.



Fuente: Fassbender y Bornemisza, 2017

La figura 1, muestra la clasificación de las rocas ígneas por su acidez y composición entre acidas a básicas, señalando los diferentes tipos de roca y el aumento de algunos minerales en el suelo. Las rocas acidas son riolita, pórfido y granito. Entre las rocas básicas se encuentran basalto, dolerita y gabro. Los minerales como el cuarzo presentan un volumen de acidez entre 100% y 60%, la Muscovita de 0% a 20% dependiendo de su ubicación.

2.3. Propiedades Del Suelo

Las propiedades del suelo son las que permiten determinar la calidad, las limitaciones, la rigidez, la fuerza, la aireación, la capacidad de drenaje y retención de nutrientes (Ramírez Alvarado, 2016). Los comportamientos de estas propiedades son importantes para un suelo agrícola, la aireación y la retención de nutrientes se relaciona con las partículas sólidas y la interface solido-liquido. Las propiedades del suelo se pueden clasificar en propiedades físicas, morfológicas, químicas y biológicas. Las propiedades físicas evalúan la distribución de las partículas por tamaños. Las propiedades

morfológicas son los atributos observables en campo, las propiedades químicas relacionan la importancia de los elementos nutricionales, con las diferentes reacciones químicas, y las propiedades biológicas permiten evaluar la cantidad y tipo de organismos presentes en el suelo (Jaramillo, 2002).

Las propiedades morfológicas, físicas, químicas y biológicas son importantes para identificar la productividad y calidad de un suelo, permitiendo verificar su estado y uso.

2.4. Propiedades Morfológicas De Suelo

Las propiedades morfológicas permiten observar características tales como el color y el perfil de suelo, identificadas en campo.

2.4.1. Color.

El color es una propiedad importante que se relaciona con los parámetros físicos, químicos y biológicos. El color está compuesto de variables medibles como matiz, valor y tono. El matiz da el color espectral dominante, el valor es el grado de oscuridad o claridad y el tono la medida de la pureza o fuerza de el mismo. El color puede ser heredado de la roca madre y se relaciona con el clima y el relieve (Ramírez Alvarado, 2016)

Este parámetro es una característica elemental que depende de la cantidad y distribución de materia orgánica y sustancias minerales cuales contiene hierro. Los colores marrones, negros y grises corresponden a suelo con alto contenido de materia orgánica y por la presencia de ácidos húmicos. Los colores rojos amarillentos y pardos son suelos con altos contenidos de hierro y se presenta esta cloración por la oxidación de este elemento (Domínguez, 2007).

El color permite evaluar la cantidad de materia orgánica, el estado de oxidación del hierro, el drenaje, la aireación, frente a la fertilidad del suelo (Jaramillo, 2002).

2.4.2. Perfil del suelo.

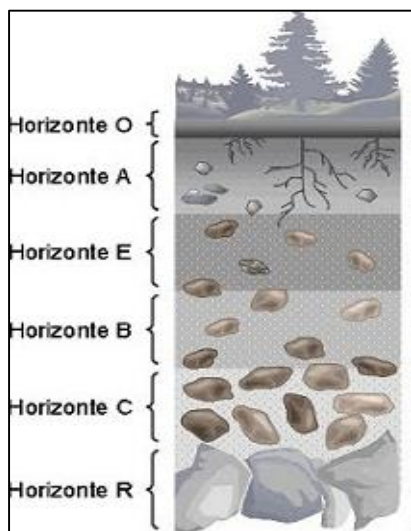
El perfil del suelo permite identificar los diferentes horizontes, considerando la variabilidad y las limitaciones de uso del suelo para la agricultura. El suelo está compuesto por cuatro fracciones: Mineral, orgánica, gaseosa y líquida.

La meteorización encargada de la fracción mineral del suelo en la cual las rocas se transforman en unidades pequeñas de tamaño y composición como la arena, arcilla y los limos. La fracción orgánica se descompone en componentes minerales y orgánicos. La fracción gaseosa es la parte no ocupada por

el agua, (Gases como: oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno). La fracción líquida es la encargada del transporte de nutrientes y el desarrollo de la planta (León, 2000).

El suelo tiene diferentes horizontes que forman el perfil de suelo. Los horizontes O, A, E, B, C, D y R. El horizonte O es la porción de suelo dominada por material orgánico y se encuentra en la superficie del suelo. El horizonte A es la capa vegetal de color oscuro contiene raíces e insectos. El horizonte E presenta pérdidas de arcillas y concentración de minerales, y el horizonte B contiene menos materia orgánica y en consecuencia su color es más claro. El horizontal C es la parte donde descansa la roca madre del suelo y el horizonte R está compuesto por rocas (FAO, 2014) (Ver Figura 2).

Figura 2. Horizontes del suelo.



Fuente: (León, 2000).

En la figura 2, se pueden observar los diferentes horizontes, donde el horizonte A que es la capa vegetal, raíces e insectos, seguido por en el horizonte B, donde se observa el cambio en la textura y el color de suelo. A través de los horizontes aumenta el tamaño de las rocas y cambian sus propiedades físicas y químicas.

2.5. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas se refieren al tamaño de las partículas del suelo, y su distribución como resultado de la interacción que se da entre las fases del mismo suelo (agua, aire y suelo). Las propiedades físicas son textura, densidad, porosidad, permeabilidad e infiltración y son de gran importancia para la agricultura, porque dependiendo de sus resultados se sabe si un suelo es apto o no,

para la producción.

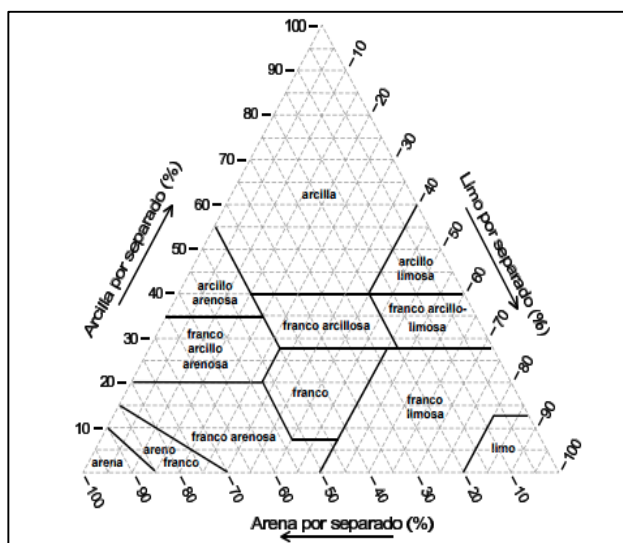
2.5.1. Textura.

La textura es la fase sólida del suelo, que permite identificar el tamaño y la cantidad de partículas presentes en el suelo. La textura es de gran importancia para evaluar la aireación, humedad, movimiento de agua, disponibilidad de nutrientes, la fertilidad, productividad, uso y manejo, así como la retención y liberación de iones, permeabilidad, erosión, contenido de materia orgánica entre otras propiedades (Gonzales, 2014). Para determinar texturas en el suelo se utilizan dos métodos (Granulométrico y Bouyoucos). Estos métodos permiten analizar el tamaño porcentual de la distribución del tamaño de las partículas como arena, limo y arcilla. (IGAC, 2011).

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) la determinación de textura por el método de Bouyoucos aplica la ley de Stokes, el cual permite cuantificar el tamaño de las partículas en un intervalo determinado de tiempo (40 segundos, y dos horas) utilizando un hidrómetro para realizar las mediciones (IGAC, 2011).

Para la clasificación de la arena limo, arcilla se emplea el cuadro textural (Ver Figura 3).

Figura 3. Triángulo textural



Fuente: USDA, 2011.

Los porcentajes obtenidos de arcilla arena y limo se registran en el triángulo textural una línea recta sobre los porcentajes (A, Ar. L). Estas líneas se unen en un punto en común el cual permite su clasificación.

2.5.2. Densidad.

La densidad es la masa total de un sólido por unidad de volumen del sólido. La densidad se clasifica en densidad real y densidad aparente y se expresa en g/cc.

– Densidad aparente.

La densidad aparente tiene en cuenta espacio ocupado por los poros en un volumen de muestra de suelo. Este parámetro debe ser determinado in situ. La densidad aparente se relaciona con textura, humedad, grado de compactación, contenido de materia orgánica y estructura. Los suelos con textura fina tienen menor densidad y mayor porosidad que los suelos arenosos (Thompson, 2002). La densidad aparente varía entre 1,0 -1,8 g/cc, para los suelos agrícolas. Cada tipo de suelo tiene un rango característico de la densidad aparente (Ver tabla 1).

Tabla 1. Relación entre la densidad aparente y el tipo de suelo.

Tipo de suelo	Densidad Aparente
Arenoso	1,55-1,8
Franco Arenoso	1,4- 1,6
Franco	1,35- 1,5
Orgánico	<1,0
Arcilloso	1,2-1,3

Fuente: FAO, 2013.

En la tabla 1 se puede observar que a medida que disminuye el tamaño de las partículas de suelo la densidad descende. Los suelos con densidades bajas no son buenos para la agricultura por falta de aireación y bajo drenaje (FAO,2014).

– Densidad real.

La densidad real es la relación entre el volumen y la masa del suelo. Este parámetro se mide en laboratorio. La densidad real tiene en cuenta la fracción mineral y orgánica. Los valores promedios de los suelos cultivados oscilan entre 2,2 – 3,2 g/cc. Esta propiedad depende de la composición mineral, del contenido de materia orgánica y de los óxidos de hierro. Si la densidad real está por encima de 2,65 g/cc el suelo tiene gran contenido de óxidos de hierro como el FeO y minerales, pero si este resultado es menor del valor de referencia (2,65g/cc) hay mayor fracción de la materia orgánica (FAO, 2018).

2.5.3. Porosidad.

La porosidad es el espacio vacío en el suelo siendo este grande mediano y pequeño, lo cual influencia la función que ejerce (Ver Tabla 2). La porosidad se caracteriza por presentar continuidad, tamaño, morfología y orientación (FAO, 2013)

La porosidad es la propiedad que se relaciona con la infiltración, la densidad aparente, la aireación, el almacenamiento de agua y la temperatura (FAO, 2013). A mayor textura en el suelo, mayor porosidad. La materia orgánica tiende a aumentar la porosidad lo cual favorece el crecimiento de las plantas y facilita la infiltración (García, 2005).

Tabla 2. Clasificación de los poros de un suelo según tamaño y su función.

Clasificación de los poros	Tamaño	Función según su tamaño
Grandes ó Macroporos	≥ 60 Micras	Conduce el aire, influye en la infiltración
Mediano o Mesoporos	10 - 60 Micras	Conduce el agua
Pequeño ó Microporos	0,2 - 9 Micras	Almacenamiento de agua disponible para las plantas

Fuente: (IGAC, 2016)

La tabla 2, indica que los poros grandes se relacionan con la circulación de aire y de agua, pero en los suelos con los poros pequeños preferiblemente se retiene el agua, cual desplaza el aire, lo cual puede ser perjudicial para los cultivos.

2.5.4. Permeabilidad e infiltración.

La infiltración es el proceso en el cual el agua atraviesa el suelo. La infiltración se ve afectada por el uso del suelo, el contenido de humedad, el tipo de poros, el desarrollo de las raíces de las plantas, textura, porcentajes de arena, arcillas y limos (FAO, 2013). La permeabilidad es la capacidad de suelo para permitir el paso de un líquido, por lo cual mientras más permeable sea un suelo mayor será la filtración. Por otra parte, muchos factores afectan la permeabilidad de un suelo como cárcavas y otros (Ver Tabla 3). La permeabilidad se relaciona con la textura, la estructura y el tamaño de los poros. Los poros son de gran importancia para la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo) y filtración (desplazamiento del agua hacia el interior del suelo) (FAO, 2014).

Tabla 3. Relación entre la velocidad de infiltración, permeabilidad y tipo de suelo.

VELOCIDAD DE INFILTRACION (mm/h)	PERMEABILIDAD	TIPO DE SUELO.
<1	Muy Lenta	Ar
1-5	Lenta	Ar, ArL
5-20	Moderadamente Lenta	FAr, FArL
30-63	Moderada	FArA

63-127	Moderadamente Rápida	FA
127-254	Rápida	AF
> 254	Muy Rápida	AF, A

Fuente: Castro, H, 1998.

La tabla 3, relaciona la velocidad de infiltración con la permeabilidad y el tipo de suelo, lo cual permite identificar si la permeabilidad es lenta, moderada o rápida en una escala de 1 mm/h a 254 mm/h clasificando así el tipo de suelo. La permeabilidad en suelos arenosos es muy rápida mientras que la permeabilidad en suelos arcillosos es lenta (FAO,2014).

2.6. Propiedades Químicas

Las propiedades químicas estudian las reacciones en los suelos, como la dinámica de los nutrientes y la fertilidad del mismo. Estas propiedades son el pH, Acidez Intercambiable, Aluminio Intercambiable, CIC, Materia Orgánica, Carbono orgánico, Fosforo Total y Nitrógeno Total.

2.6.1. pH.

El pH es la propiedad química que mide la acidez o basicidad de los suelos. Un suelo es ácido cuando cede protones y básico cuando recibe protones del agua presente en el mismo.

El pH del suelo puede ser afectado por el efecto de dilución, la concentración de las sales, y el contenido de CO₂. El pH de un suelo depende de la disponibilidad y solubilidad de nutrientes, la mineralización de la materia orgánica, además permite regular la capacidad de intercambio catiónico, regula la concentración de iones tóxicos y controla el tipo de actividad microbiana.

La literatura reporta que el pH en el suelo agrícola puede clasificarse entre valores promedios de 3.78 a 10.46. Para un cultivo de *Ananás comosus* el pH oscila entre 4.5- 5.5. (Ver tabla 4) (Jaramillo, 2002).

Tabla 4. Clasificación del suelo según el pH en Agua y KCl.

pH Determinado En Agua		pH Determinado En KCl	
Valor	Calificación	Valor	Calificación
< 3,5	Ultra ácido	<4	Extremadamente ácido
3,5-4,4	Extremadamente ácido	4,0 -4,9	Fuertemente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido	5,0-5,9	Moderadamente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido	6,0-6,9	Ligeramente ácido
5,6-6,0	Moderadamente ácido	7,0	Neutro
6,1-6,5	Ligeramente ácido	7,1-8,0	Ligeramente alcalino
6,6-7,3	Neutro	8,1-9,0	Moderadamente alcalino
7,4-7,8	Ligeramente alcalino	9,1-10	Fuertemente alcalino
7,9-8,4	Moderadamente alcalino	>10	Extremadamente alcalino
8,5-9,0	Fuertemente alcalino		

pH Determinado En Agua		pH Determinado En KCl
>9,0	Muy fuertemente alcalino	

Fuente: Moreno et al., 2017

La tabla 4, permite clasificar el tipo de suelo de acuerdo a su pH. La importancia de medir el pH de agua y el pH de KCl radica en que permite conocer el Δ pH cualCual a su vez determina el tipo de intercambiador es el suelo, cuando el suelo tiene cargas negativas su (Δ pH <0) y cargas positivas (Δ pH >0) (Moreno et al., 2017).

2.6.2. Acidez y Aluminio Intercambiable.

La acidez de un suelo mide la cantidad de protones del suelo y se denomina potencial hidrogeno. La acidez intercambiable depende de los iones que la producen como: Al^{3+} cual se asocia fácilmente con las moléculas de agua generando los H^+ $Al(OH)^{2+}$ y $Al(OH)^{2+}$. La acidez establece la cantidad de aluminio intercambiable que tiene un suelo al lavarlo con KCl [1N]. El Al^{3+} es abundante en suelos con pH menor de 5,5. Estas condiciones presentan deficiencias de fosforo, por la asociación que hace este elemento con el aluminio intercambiable, produciendo respectivos complejos, pero esta condición está impidiendo la absorción de calcio, magnesio y potasio (Acevedo, 2007).

Según Acevedo (2007) cuando el Al^{3+} es menor de 1 ppm la saturación es más pequeña del 60% y no se presenta efecto toxico, pero si la saturación es mayor su efecto es toxico. Por lo anterior la acidez del suelo afecta el crecimiento de las plantas y favorece la solubilización de elementos tóxicos como el Al y Mn.

El aluminio en el suelo a altas concentraciones reduce el crecimiento de las raíces, impidiendo la absorción de agua y nutrientes (Salinas,1981). El aluminio altera las propiedades químicas como solubilización, disponibilidad y adsorción de nutrientes. Las propiedades biológicas y físicas son afectadas por el tipo de microorganismos y la estructura (Solera, 2000). La reactividad del aluminio varía dependiendo de la forma en la cual se presenta (Al^{+3} o si se polimeriza el hidróxido de aluminio). Cuando el pH es menor de 5,5 el aluminio se convierte en la parte integrante de los cationes y se acepta como nivel crítico de toxicidad (Salinas, 1981).

Existen dos posibilidades para reducir el aluminio intercambiable con el fin de que no interfiere en el desarrollo de los cultivos. Una consiste en aplicar cal dolomítica para reducir la saturación de aluminio y la segunda es el desarrollo de variedades de cultivos con tolerancia al aluminio como el frijol Jacinto, leucaena, el frijol terciopelo entre otras (Sánchez, 2007).

2.6.3. Capacidad De Intercambio Catiónico (CIC).

La capacidad de intercambio catiónico del suelo es la capacidad que permite adsorber cationes. Estos cationes son necesarios para el proceso de nutrición de la planta, entre los más importantes están el Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y NH_4^{+} (Pinzón, 2010).

El intercambio iónico se relaciona con el pH, la cantidad de arcilla y de materia orgánica presentes en el suelo. Si la capacidad de intercambio catiónico es alta la disponibilidad de elementos (K, Ca, Mg, Na) en el suelo aumenta. El CIC se expresa en miliequivalentes sobre 100 gramos de suelo y depende de la cantidad y tipo de coloides presentes en el suelo como: Vermiculita, Ilita, Caolinita, Montmorillonita (Ver Tabla 5) (Jaramillo, 2002).

Tabla 5. Concentración de CIC presentes en el suelo.

Concentración meq /100g	CIC
Menor 10	Bajos
10-20	Medios
20-30	Altos
Mayor 30	Muy altos

Fuente: Ramírez, 2017.

La tabla 5, permite clasificar la concentración de CIC de valores menor de 10 hasta 30 meq/100g presente en un suelo, cuya distribución puede ser baja, media o alta. Si un suelo tiene bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes y baja materia orgánica (FAO, 2014).

2.6.4. Materia Orgánica (MO).

La materia orgánica se relaciona con las propiedades del suelo tales como: pH, textura, infiltración, densidad entre otras. La MO es indispensable para la fertilidad del suelo, y el desarrollo de cultivos. Se forma por la acumulación y descomposición de células animales y vegetales que se depositan en la superficie o en la masa de suelo (Martínez, 2013).

El clima tiene gran influencia sobre la materia orgánica. Para climas fríos se presenta mayor contenido de materia orgánica, mientras que en climas cálidos disminuye (Ver Tabla 6). La materia orgánica favorece la estructura del suelo, la agregación de partículas, infiltración, aireación, suministro de nutrientes para las plantas, incrementa la capacidad de retención de agua, disminuye la conductividad térmica, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, eleva su capacidad amortiguadora de cambios de pH y disminuye la erosión (Jaimes, 2005). Para la determinación de la materia orgánica se utiliza el método de calcinación el cual permite cuantificar la oxidación y proporcionar la estimación del contenido orgánico (INVIAS, 2012).

Tabla 6. Clasificación de materia orgánica según el tipo de clima.

Clima	Interpretación del porcentaje de materia orgánica		
	Mineral Bajo (%)	Mineral Medio (%)	Mineral Alto (%)
Frio	Menos de 5	5-10	Mayor de 10
Templado	Menos de 3	3-5	Mayor de 5
Cálido	Menos de 2	2-3	Mayor de 3

Fuente: Castro, 1998.

La tabla 6, relaciona el clima con la concentración de materia orgánica. Para los climas fríos la materia orgánica se encuentra en un intervalo de 5% a 10% y para los climas cálidos esta entre 2% y mayor a 3%, así que el clima condiciona el tipo de vegetación o actividad microbiana de un suelo.

2.6.5. Carbono Orgánico (CO).

El carbono orgánico de suelo se encuentra en los residuos orgánicos de animales, microorganismos y vegetales como: carbono elemental y humus. El CO se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y las propiedades del suelo. El carbono orgánico, aporta nitrógeno, modifica la acidez por medio de grupos carboxílicos y fenólicos disminuyendo el pH, la alcalinidad y la distribución del espacio poroso (Martínez et al., 2008).

Las propiedades del suelo tales como: textura, densidad, CIC, pH que se ven afectadas por el carbono orgánico del suelo (COS). El carbono orgánico puede influir en la calidad, sustentabilidad y capacidad productiva del suelo. Según investigaciones de FAO se ha estimado que el carbono orgánico se almacena en mayor porcentaje en los primeros 30 cm del suelo. Se reconoce que a menor temperatura mayor cantidad de carbono orgánico, baja actividad biológica y una descomposición lenta de la materia orgánica (FAO, 2018).

Según el rango de porcentaje de carbono orgánico, se puede establecer nivel de contenido este elemento en el suelo (Ver tabla 7).

Tabla 7. Relación de porcentaje de carbono orgánico con el nivel de este elemento en el suelo.

Nivel de carbono orgánico en el suelo.	% Carbono Orgánico
Muy alta	7,90 - 4,90
Alta	4,90 - 3,50
Medio	3,50 - 1,90
Baja	1,90 - 0,50
Muy Baja.	Menor a 0,50

Fuente: Ruiz, 2012.

En la tabla 7, se reportan los altos niveles de carbono orgánico presente en el suelo corresponden a un porcentaje entre 4,90 y 3,50 siendo los valores que superan 7,9% considerados muy altos. Los suelos con mayor contenido de materia orgánica contienen más carbono (Ibáñez, 2006).

2.6.6. Fósforo Total (PT).

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de las plantas y es indispensable para la transformación de energía. Este elemento presente en el suelo se deriva de la descomposición de materia orgánica y materiales parentales (Munera & Meza, 2014).

El suelo contiene fósforo en forma de sales de fosfato, pero debido a la vegetación y a los cultivos esta cantidad no es suficiente por lo cual se necesita suplir la deficiencia. El fósforo presenta poca movilidad y permanece cerca de su lugar de origen. El fósforo orgánico se relaciona con la materia orgánica donde alto nivel de ésta, indica elevada concentración de fósforo (Biavati & Estrada, 2016).

El fósforo es importante en el desarrollo y crecimiento de la planta. Este crecimiento depende del pH, la materia orgánica, la textura y la humedad. Las concentraciones de fósforo para un cultivo agrícola oscilan entre 0,2 y 0,5 mg/l. En la tabla 8 se ilustra la relación entre la concentración de fósforo y la dosis de corrección de este elemento por Ha de suelo en forma de P_2O_5 (Biavati & Estrada, 2016).

Tabla 8. Clasificación de los niveles críticos y la dosis de deficiencia del fósforo.

Nivel crítico de fósforo en el suelo (PPM)	Calificación	Dosis de corrección deficiencia (P_2O_5 Kg/Ha)
< 5	Muy bajo	180
5-10	Bajo	135
10-15	Medio bajo	90
15-30	Medio alto	45
>30	Alto	0

Fuente: FAO, 2013.

La tabla 8, se relacionan los niveles críticos de fósforo y la dosis de corrección entre 5 a 30 ppm, lo cual clasifica el fósforo residual en el suelo en una escala de nivel muy bajo hasta el alto. La concentración óptima de fósforo para cultivos está entre 0,1 a 0,5 % (FAO, 2014).

2.6.7. Nitrógeno Total (NT).

Existen dos formas diferentes de nitrógeno en el suelo: El orgánico y el amoniacal. En presencia de oxígeno el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos y nitratos. El nitrógeno orgánico está formado por residuos de cosechas, abonos orgánicos o células de microorganismos presentes en el suelo (Fagro, 2017).

El nitrógeno se libera de acuerdo a la necesidad de las plantas, Pero debido a su alta contaminación que ejerce en agua se debe controlar las concentraciones para el riego (Barranco, 2011). El nitrógeno total tiende a aumentar la temperatura de los suelos (Edafología, 2015).

En la tabla 9 se reporta la interpretación de resultados de nitrógeno en el suelo.

Tabla 9. Interpretación de resultados de Nitrógeno.

. Interpretación de resultados de Nitrógeno.	% Nitrógeno
Suelo extremadamente pobre	< 0,032
Suelo pobre	0,032 - 0,063
Suelo regular	0,064 - 0,095
Suelo medianamente rico	0,096 - 0,126
Suelo rico	0,127 - 0,158
Suelo muy rico	0,159 - 0,221
Suelo extremadamente rico	> 0,221

Fuente: Ríos, 2005.

2.7. El Cultivo De La Piña (*Ananas comosus*)

La piña es de la familia *Bromeliaceae*, nativa de las zonas tropicales de Brasil, su propagación se llevó a cabo por vías marítimas en el siglo XVI. Seguida por India en el año 1545, Madagascar 1548, Europa 1535, Hawái siglo XVIII, y Estados Unidos en el siglo XX. En la Segunda Guerra Mundial se aumentó el comercio y luego solo se enfocó a el Caribe y Estados Unidos por sus condiciones climáticas (UNCTAD, 2000).

La piña es un producto con gran demanda debido a su gran sabor y aroma. Por lo tanto, es importante conocer su morfología, reproducción, sus plagas, e insecticidas utilizados para su producción. A continuación, se especifica estos aspectos.

2.7.1. Morfología y requerimientos de la piña para su producción.

La piña o *Ananas comosus* como se le conoce científicamente, es una planta que se forma por la unión de varias hojas hasta llegar a una roseta. Sus hojas son espinosas lo cual permite el desplazamiento de agua a la raíz y alcanzan hasta los 100 cm de largo. Las flores son de color rosa, el fruto se da sin necesidad de fecundación, luego de la floración (InfoAgro, 2014). A partir de los dos años su tallo inicia a desecarse y aparecen los retoños que permiten la reproducción de las plantas (Flores, 2014).

Para la producción de la piña se necesita de ciertas condiciones como: Temperatura entre los 25 a 32°C, precipitación entre 1000-1500 mm, pH entre 4,5 a 5,5. La materia orgánica debe tener un

porcentaje entre 5-10, fósforo 20 a 50 mg/l (Molina, 2012). Este cultivo requiere uso de insecticidas para el control de plagas, que afectan la producción acabando con hectáreas de piña. Las plagas que afectan el cultivo de piña son: la *Cochinilla harinosa* y las hormigas. Además de uso del insecticida, el cultivo requiere de fertilización constante (2 meses) y para esto se utiliza un abono mineral (15-15-15) que permite nutrir la planta y mejorar el crecimiento. La aplicación de este fertilizante se realiza en el suelo en forma sólida (Molina, 2012).

2.8. Descripción *Cochinilla harinosa*

La *Cochinilla harinosa* (piojo blanco) es un pequeño insecto blanco que se localiza en las axilas de las hojas inferiores, raíces o frutos de las plantas. Las hembras maduras y las ninfas chupan savia de cualquier parte de la planta y dejan un residuo tóxico, cual afecta el crecimiento de la piña desecándola. El piojo blanco está asociado con el virus conocido como Wilt.

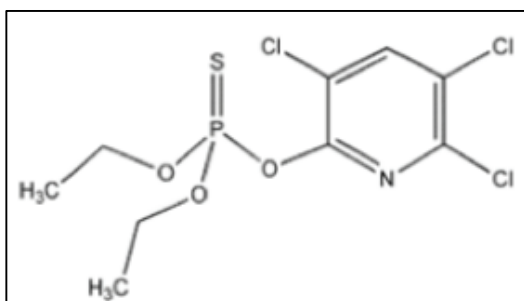
La *Cochinilla harinosa* tiene relación simbiótica con las hormigas porque por medios de ellas son transportadas. Las hormigas transportan el piojo blanco y se alimentan de las secreciones azucaradas de las cochinillas (Banacol, 2011).

Con el fin de controlar esta plaga los agricultores fumigan las plantaciones de piña con Lorsban 4EC o con un insecticida biológico con el fin de evitar pérdidas en los cultivos y obtener la producción esperada (García & Rodríguez, 2010).

2.9. Lorsbantm 4 EC

El Lorsban 4EC (C₉H₁₁Cl₃NO₃PS) es un insecticida organofosforado utilizado para controlar las plagas. EL nombre químico del ingrediente activo que es el clorpirifo es O, O-diethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate. En la figura 4 se ilustra su estructura molecular. En la fórmula de producto comercial hay 44,5% y los ingredientes aditivos son solventes, emulsificantes y compuestos relacionados al 55,5%. Aplicación de este insecticida en la plantación de piña se hace al inicio de la siembra o cuando inicia el brote de la plaga aproximadamente en los primeros 21 días de haber trasplantado la planta (Dow AgroSciences, 2012).

Figura 4. Estructura Química de Clorpirifos.



Fuente: Dow AgroScience, 2012.

Este insecticida actúa inhibiendo la acción de la acetilcolinesterasa, evitando que la acetilcolina se libere y produce impulsos nerviosos, parálisis y por último la muerte de insecto. Su tiempo de vida media es de 42 a 175 días en el suelo. El Losrban 4 EC presenta retención constante que puede llegar hasta 2785 ml/g de suelo. Indicando que es una sustancia muy persistente. La aplicación del Lorsban se debe hacer uniformemente cubriendo totalmente el follaje de la plata (Miniambiente, 2010).

2.10. Insecticida biológico a base de capsaicina y nicotina

El insecticida biológico es un producto netamente natural que da solución a control de plagas como la cochinilla harinosa y la hormiga. Según investigaciones realizadas los insecticidas biológicos, mejoran la producción, cuidan el medio ambiente y al ser humano. La aplicación de bioinsecticida permite recuperar las propiedades de los suelos como el carbono y el nitrógeno. Su elaboración se hace a partir de productos naturales lo cual ayuda a mantener el equilibrio del ambiente. Los principales contenidos es ají chile y el tabaco. Actualmente este producto está registrado para el patente (Kopytko & Mujica, 2016). Investigaciones demuestran que las aplicaciones de insecticidas biológicos controlan las plagas de manera eficiente permitiendo conservar los microorganismos en el suelo y ser degradados por los mismos, evitando el daño de ecosistema (Gutiérrez, 2010).

Una investigación realizada en el 2007 hace una evaluación de algunos insecticidas naturales para controlar *Strymon basilides* (gusano barredor) el cultivo de piña. Los insecticidas utilizados fueron: *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* y extracto de *Quassia amara*, que se compararon con carbaril y un testigo. Los bioinsecticidas fueron usados siete veces con intervalos de una semana de aplicación. La mayor eficiencia para el control de la plaga fue *B. thuringiensis* y el carbaril, además de su bajo costo y de los mínimos efectos colaterales al ambiente son óptimos para el uso y aplicación (Inclán et al., 2007).

2.11. Metagenómica

La metagenómica es el campo que se centra en el estudio de las comunidades de microorganismos de los diferentes ambientes (agua, alimentos, superficies, suelos y demás). Por medio de la secuenciación y análisis del ADN microbiano se obtiene las secuencias del genoma para la identificación sin la necesidad de cultivarlos (Cutrina, 2016).

La metagenómica investiga cualquier comunidad microbiana directamente en su ambiente natural evitando aislar los microorganismos (Cueto et al., 2014). El Instituto Americano de Microbiología (2012) lo define como la secuenciación de material genómico a gran escala agrupado en una comunidad. Este medio permite investigar, clasificar y manejar todo material obtenido de un muestreo. El procedimiento de la metagenómica consiste en la selección del nicho ambiental, luego el aislamiento del material genético de la muestra ambiental, seguido por la manipulación del material genético (Wilson & Piel, 2013).

En el 2017, se realizaron análisis metagenómico de alto rendimiento del microbioma de suelo contaminado con petróleo en China. Para este propósito se realizó la extracción y secuenciación del ADN, seguido por las asignaciones taxonómicas y las anotaciones funcionales para llegar al análisis estadístico y dar respuesta. Este estudio permitió identificar en los suelos contaminados el alto nivel de diversidad comunitaria y versatilidad metabólica, proporcionando aplicaciones de biorremediación (Bao et al., 2017). Otro estudio reciente reportó la diversidad de las comunidades microbianas de suelos papeiros con enfoques ecológicos y metagenómicos. Este estudio los autores concluyeron que la composición taxonómica cambia y los perfiles metabólicos más representados estuvieron relacionados con la utilización de nitrógeno tanto en los procesos actuales como históricos (Carbonetto, 2014).

2.12. Importancia de los microorganismos en el suelo.

Los microorganismos intervienen en la fijación del nitrógeno, carbono, fósforo en el suelo y son importantes en la fertilidad del mismo. Según investigaciones realizadas las intervenciones del hombre en los suelos por medio de la agricultura alteran las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas por el uso de insecticidas para el control de plagas y enfermedades. A partir de estos fenómenos recomiendan el uso de la fertilización biológica que se desarrolla por medio de poblaciones

microbianas benéficas para la recuperación y conservación del suelo, y su entorno (Rocha et. al., 2015).

Los microorganismos se desarrollan en la superficie de las partículas del suelo y una pequeña cantidad de suelo puede favorecer el crecimiento de microambientes diferentes con gran variedad de microorganismos. La abundancia de microbiota en un suelo está relacionada con el tipo de nutrientes presentes tales como el nitrógeno y fosforo y las características de este (Madigan et al.; 2009).

2.13. Características morfofisiológicas de Phylas presentes en los suelos cultivados.

Las características morfofisiológicas de los Phylas son importantes para determinar el comportamiento de los diferentes microorganismos en cada uno de sus hábitats: agua, suelo, aguas contaminadas o suelos contaminados y así facilitar la clasificación más detallada de cada microorganismo.

Un gramo de suelo contiene más de 10^{10} bacterias, debido a que alberga mucha de la diversidad genética de la tierra y pueden ser clasificadas por Phylum, clase, orden, familia y género (Horner-Devine, 2004).

Algunos de los Phylas que se encuentran en los suelos cultivados se describen a continuación.

2.13.1. Phylum Actinobacteria.

El Phylum *Actinobacteria* corresponde a bacterias Gram positivas, con alto contenido de guanina y citosina en su ADN; son microorganismos filamentosos, con crecimiento en forma de red que comúnmente se denomina micelio, con tamaño mucho menor al micelio de los hongos. Aunque se encuentran *Actinobacterias* en ambientes acuáticos, su proceso de adaptación al hábitat terrestre es muy antigua y la mayoría se distribuye en el suelo. Son aerobios y anaerobios facultativos y se desarrollan a una temperatura óptima entre los 25°C y 30°C. Su nicho ecológico se relaciona con la descomposición de materia orgánica, como la celulosa, quitina, el recambio de materia orgánica y el ciclo del carbono, permitiendo el suministro de nutrientes en el suelo. Son importantes en la formación de humus (Ranjani, et. Al., 2016). Desde el punto de vista agronómico cumplen varias funciones favoreciendo la fertilidad de los suelos. Debido a su estructura filamentosa y a la producción de

exopolisacáridos, estas bacterias pueden unir partículas de suelo y de esta forma a contribuir a mantener la matriz del suelo (Cáceres, 2008)

2.13.2. Phylum Planctomycetes.

Se distribuye tanto en el suelo como en el agua. Se caracteriza porque carecen de peptidoglucano en su pared celular, pero poseen proteínas. Presentan una compartimentación intracelular. La temperatura óptima de crecimiento es entre los 35°C y los 50°C Estudios previos han estimado que el 50% de las moléculas de nitrógeno en la atmósfera son generadas por *Planctomycetes anammox* (Youssef & Elshahed, 2014).

2.13.3. Phylum Acidobacteria.

Las *Acidobacteria* han sido descritas como uno de los filos bacterianos más abundantes y ubicuos en el suelo. Sin embargo, los factores que contribuyen a este éxito ecológico no están bien aclarados, principalmente debido a las dificultades en el aislamiento bacteriano. Las *Acidobacterias* pueden sobrevivir durante largos períodos en el suelo, debido a la protección proporcionada por sustancias poliméricas extracelulares secretadas que incluyen exopolisacáridos (Janssen, 2006).

Este grupo de organismos se han encontrado en una variedad de ambientes, como el suelo, aguas termales, océanos, cuevas y suelos contaminados con metales. Son fisiológicamente diversos, la mayoría son quimioheterótrofos, aunque también se ha encontrado fotoheterótrofos. Contienen lípidos característicos los cuales los hacen responsables de adaptarse a diferentes ambientes. Muchos de los organismos de este grupo son acidófilos. Aunque no se conoce exactamente su nicho ecológico en el suelo, se considera que son importantes en la dinámica del suelo, debido a su abundancia en el mismo, su principal función en el medio ambiente es la descomposición de varios biopolímeros y la participación en el ciclo global del carbono, hierro e hidrogeno (Sang-Hoon, et al., 2008).

2.13.4. Phylum Verrucomicrobia.

El Phylum *Verrucomicrobia* esta recientemente descrito como bacterias. Se han relacionado morfológicamente con los organismos del phylum *Planctomycetes* (Schlesner, 2006). Este género es activo de las comunidades microbianas especialmente en los suelos agrícolas y nativos (Buckley & Schmidt, 2001). Su nombre es proveniente de su morfología similar a una verruga, en su mayoría son mesofilas, facultativamente u obligatoriamente anaeróbico y oligotrófico. Son bacterias resistentes a altas temperaturas y a pH muy bajos (Sangwan, 2005).

2.13.5. Phylum *Firmicutes*.

El phylum *Firmicutes* son bacterias bacilares Gram positivas con bajos contenidos de G-C, formadores de endosporas, pueden ser móviles o inmóviles, aerobios o anaerobios estrictos y están presentes en hábitats como el suelo, sedimentos e intestinos. Se desarrollan a una temperatura óptima entre 30-45°C. Son heterotróficos, obteniendo los nutrientes de la materia orgánica (Méndez, 2017).

2.13.6. Phylum *Proteobacteria*.

El phylum *Proteobacteria* constituye uno de los principales linajes dentro del dominio de las bacterias. Comprende un grupo amplio de bacterias Gram negativas, con 1300 especies aproximadamente, clasificadas en 384 géneros. Aunque están relacionadas filogenéticamente, son muy diversas desde el punto de vista fisiológico, morfológico y ecológico. Pueden presentar un metabolismo fotótrofo, heterótrofo y quimiolitótrofo. Son de gran importancia biológica porque incluyen diversos patógenos de humanos, animales y plantas, así como varios taxones que desempeñan un papel clave en los ciclos de carbono, azufre y nitrógeno. Se encuentran en diferentes hábitats y están ampliamente distribuidas en el suelo. Esta especie se pueden encontrar en una variedad de ambientes, con temperaturas óptimas entre los 20°C y 45°C (Hartmann, 2017).

2.13.7. Phylum *Chloroflexi*.

El phylum *Chloroflexi*, corresponde a bacterias verdes no sulfurosas (GNSB), Y hay pocos representantes cultivados. Metabólicamente es un grupo muy diverso, con una variedad de hábitat como: suelos, agua dulce, ambientes marinos y sistemas de tratamiento de efluentes (Yamada & Sekiguchi, 2009). Las bacterias *Chloroflexi* presentan una morfología filamentosa, son monodérmicas (presentan una sola membrana celular), lo que las relacionan con las bacterias Gram positivas, aunque la tinción de Gram presenta diferentes resultados dependiendo del grosor de la pared celular. Pueden ser termófilos aerobios (usan oxígeno y crecen a altas temperaturas), fototrofos anoxigénicos (usan la luz para la fotosíntesis) y halorrespirantes anaeróbicos lo cual indica que utilizan compuestos halogenados como aceptores de electrones (Fawaz, 2013).

3. Metodología

El proyecto se desarrolló en el Laboratorio de suelos de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, donde se realizaron las mediciones de las propiedades fisicoquímicas del suelo, excepto de los análisis de carbono orgánico, fósforo total y nitrógeno total, cuales fueron desarrollados por el Laboratorio de Análisis Químico de Aguas Residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana. Las pruebas de campo se efectuaron en la finca Granjas Bellavista en el municipio de Lebrija, Santander, donde se trabajó también el muestreo de suelo. El Análisis microbiológico se ejecutó en el Laboratorios de Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad de Santander (UDES).

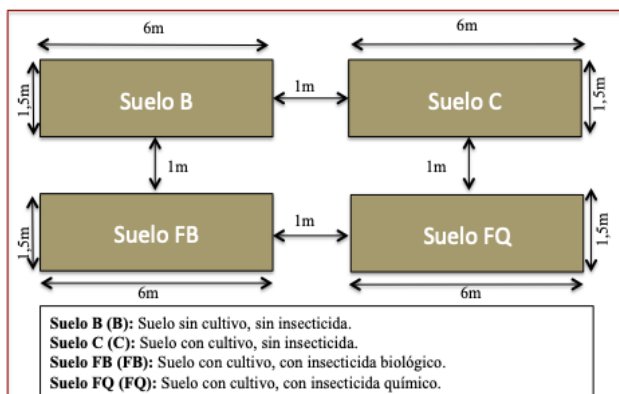
Para el cumplimiento de los objetivos trazados se aplicó la metodología especificada a continuación.

3.1. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de suelo cultivado con piña en el municipio de Lebrija, Santander

Para dar inicio al proyecto se realizó el muestreo de suelo destinado para área experimental en el municipio de Lebrija, Santander en la finca Granjas de Bellavista.

Para este propósito se identificó y distribuyó el terreno en la finca de interés, como se ilustra en la figura 5.

Figura 5. Ubicación de terreno y siembra del cultivo.



Fuente: Autora.

En la figura 5 se puede observar que el área estudiada se dividió en 4 cuadrantes de igual tamaño de 6 m x 1,5 m cada uno. Cada sector sembrando tenía 30 plantas distribuidas, en 5 filas con 6 plantas cada una.

Para fines experimentales se tuvo en cuenta suelo denominado blanco (B), cual fue el área sin siembra de piña y sin la fumigación, suelo denominado control (C), que fue el área con siembra de piña, pero sin fumigación. Los experimentos con la fumigación de la piña se realizaron en otros dos cuadrantes, donde en uno de ellos se aplicó insecticida químico (FQ) y en otro biológico (FB). Las cuatro áreas experimentales recibieron igual manejo en cuanto a riego y fertilización, utilizando para este propósito agua lluvia y abono mineral triple quince (15-15-15), cual se aplicó al final de cada mes, iniciando el proceso a un mes de haber sembrado la piña.

En la tabla 10, se resumen las actividades realizadas en áreas experimentales

Tabla 10. Resumen de las actividades realizadas en áreas experimentales.

Muestreos	Actividades
Muestreo 1 (M1)	• Toma de muestra inicial suelos B, C, FB y FQ. • Fumigación de FB y FQ.
Muestreo 2 (M2)	• Toma de muestra de suelos FB y FQ. • Fertilización de todos los suelos después del muestreo.
Muestreo 3 (M3)	• Toma de muestra suelos B, C, FB y FQ. • Fumigación de FB y FQ.
Muestreo 4 (M4)	• Toma de muestra de suelos FB y FQ. • Fertilización de todos los suelos después del muestreo.
Muestreo 5 (M5)	• Toma de muestra suelos B, C, FB y FQ.

Fuente: Autora.

3.1.1. Análisis de las propiedades físico químicas de suelo de interés.

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de suelo se aplicó la guía metodológica, según la cual en cada área se tomó igual cantidad de submuestras de forma aleatoria (IHOBE, 1998).

El cultivo y la fumigación se realizó de la manera tradicional, como los agricultores actualmente lo desempeñan en el Municipio de Lebrija, Santander. La fumigación se aplicó de 6 a 8 pm, debido a que los insecticidas químicos y biológicos son fotosensibles y se degradan bajo acción de luz. Las aplicaciones se realizaron cada 30 días para el insecticida químico y cada 15 días para el insecticida biológico, evitando las condiciones climáticas de lluvia, las altas temperaturas, la aireación, con el fin de obtener mayor concentración del insecticida en el cultivo.

Una vez tomadas las muestras se rotularon debidamente y se transportaron en una nevera hasta el laboratorio de suelo de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga (UPB), donde fueron procesadas.

Antes de iniciar análisis fisicoquímicos se mezcló respectivas submuestras y se dejó secar al aire libre durante 24 h, y posteriormente se trituro para el efecto de homogenización.

En la tabla 1 se reportan los parámetros fisicoquímicos analizados en este proyecto y los métodos aplicados para su determinación.

Todos los análisis físicos químicos realizados se realizaron por triplicado, para el efecto de promediar los resultados.

Tabla 11. Métodos empleados para la determinación de características fisicoquímicas

Parámetro fisicoquímico	Método
pH	NTC 5264
Conductividad Eléctrica	NTC 5596
Acidez intercambiable y Aluminio intercambiable.	NTC 5263
Textura (Granulometría y Bouyoucos)	ASTM WK38106 y NTC 1522
Curva de perdida de humedad	NTC 947-1
Densidad aparente	NTC 237
Densidad real	ASTM 2216
Permeabilidad e Infiltración	ASTM D2434-68 / ASTM D3385 – 09
Materia Orgánica	Ignición INVE 121.
Capacidad de Intercambio Catiónico	NTC5258
Fosforo total	SM 4500-P-B,E
Nitrógeno total	SM 4500
Carbono orgánico total	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7H_2SO_4$

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), 2014.

El criterio utilizado para la selección de los parámetros fisicoquímicos fue la calidad y productividad del suelo cultivado con piña.

Por lo anterior la medición de pH, permitió verificar el cumplimiento de los valores reportados en la literatura para este cultivo (DANE-ENA, 2015). Adicionalmente la medición de pH en agua y KCl permitió hallar la diferencia denominada ΔpH , cuyo valor negativo indica que el suelo es un intercambiador catiónico y valor positivo clasifica el suelo como intercambiador aniónico.

Teniendo en cuenta que el fosforo influye en el crecimiento de las plantas y el desarrollo de los microorganismos, por esta razón se consideró este parámetro para su evaluación.

El conocimiento de la textura del suelo es importante para este proyecto, debido a que permite determinar el porcentaje de la distribución de las partículas con diámetro menor a 2 mm, las cuales están relacionadas con la permeabilidad e infiltración, la humedad, la porosidad total, CIC, M.O y la densidad. De esta manera permiten indicar el porcentaje de agua y las posibles vías de movilización de la misma dentro de la estructura del suelo, así como el oxígeno disuelto del mismo. Estos factores son de gran importancia para la estabilidad y supervivencia de las diferentes especies microbiológicas (IHOBE,1998).

La materia orgánica y la capacidad de intercambio deciden sobre la disponibilidad de nutrientes y de esta manera la fertilidad del suelo, como también la cantidad de fosforo y nitrógeno, los cuales marcan la productividad del mismo.

3.1.2. Análisis de las propiedades microbiológicas del suelo de interés.

El muestreo de suelo para análisis microbiológico se realizó en los mismos sitios, donde se extrajo el suelo para análisis fisicoquímicos en cada área. Las muestras se tomaron por separado en tubos Falcon de 50 ml y se rotularon debidamente para ser transportadas en una nevera portátil, a una temperatura entre 0 a 4 °C hasta el Laboratorio de la Universidad de Santander de Biología Molecular y Biotecnología, donde se almacenó inmediatamente a -80°C para su posterior análisis.

El procesamiento de cada muestra de suelo se inició por la mezcla de las submuestras y su homogenización mediante la maceración.

El análisis microbiológico de las muestras de suelo, comprendió aplicación de tres pasos de la metodología de metagenómica, de los cuales primero fue la extracción del ADN de cada suelo (B, C, FB y FQ), seguido de la secuenciación, el ensamblaje de las cadenas extraídas de ADN y luego la identificación y cuantificación de los géneros microbianos presentes en cada suelo.

El procedimiento general que se realizó para análisis metagenómico se resume en la Tabla 12.

Tabla 12. Metodología empleada en el estudio metagenómico de las muestras.

Estudio metagenómico	Etapas de procesamiento de la muestra
Procesamiento de la muestra	1. Extracción de ADN, Verificación, Cuantificación.
	2. Secuenciación y desarrollo de librería Illumina
	3. Análisis de secuencias: Emparejamiento, eliminación secuencias técnicas y corrido en software

Fuente. Hernández-León (2010); Roberto D. (2014).

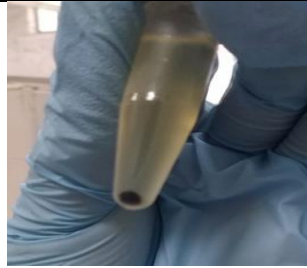
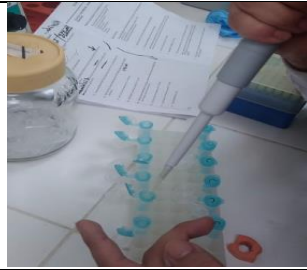
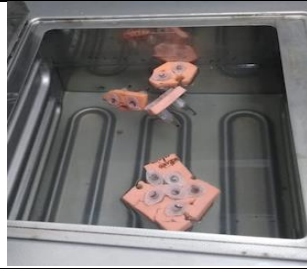
A continuación, se especifica la metodología aplicada en cada paso.

- *Extracción de ADN.*

Para la extracción de ADN metagenómico se utilizó el protocolo de extracción E.Z.NA Soil DNA Kit de la compañía OMEGA BIO-TEK, siguiendo cada paso especificado por los fabricantes, lo cual se indica a continuación. El procedimiento detallado de este protocolo se deposita en el Anexo A y en la tabla 13 se ilustran los pasos más importantes del procedimiento de extracción de ADN.

Tabla 13. Proceso de extracción de ADN.

Actividad del proceso de extracción de ADN.	Registro fotográfico del proceso señalado.
• Tamizado de la muestra a analizar.	
• Agitación Vortex durante 10 minutos. • Adición DS-Buffer agitación en el Vortex. • Incubación a 70°C por 15 min.	
• Centrifugación a 3000 gravedades durante 5 min a temperatura ambiente.	

• Adición 270 μl de P2 Buffer (-20°C) al sobrenadante. • Incubar en hielo durante y Centrifugación a 35000 gravedades.		
• Transferencia de sobrenadante a un tubo de Ependorf. • Agregación de 800 μl de Isopropanol y dejar en refrigeración a -20 °C durante 1 hora y centrifugación a 35000 gravedades durante 15 a una temperatura de 4°C. • Secado del pellet 1 o 2 min.		
• Incubación de la muestra durante 25 min a 70°C.		
• Secado de pellet para transferir la solución a la columnas.		
• Conservación el ADN total a una temperatura de -20°C		
• Verificación el estado de ADN obtenido por electroforesis en gel de agarosa al 0,8% (p/v) y su cuantificación por espectrofotometría (OD 260).		

Fuente: Protocolo especificado en Kit de la compañía OMEGA BIO-TEK, Registro fotografico en Labotatorio de Biología Molecular y Biotecnología (UDES, 2018).

- *Secuenciación y desarrollo librería de Illumina.*

La secuenciación y desarrollo de librería es el mapeo físico de un genoma al nivel de pares de bases. Para este propósito se utilizó el fragmento 16S ribosomal, debido a que tiene menos variabilidad en las poblaciones. La secuenciación se ejecutó por el método de Illumina, cual se usa para la amplificación de áreas interés los cebadores con Bakt_ 341F y Bakt_805R, que amplifican regiones internas del gen ADNr 16S. Finalmente se obtuvo las secuencias masivas para el total del ADN muestreado por Illumina. Los archivos generados se cargaron en los servidores de la empresa MacroGen y en el Servidor del Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología de la UDES.

- *Análisis de secuencias: Emparejamiento, eliminación secuencias técnicas y corrido en software.*

Una vez se recibieron las secuencias se realizó verificación de calidad en el software FastQC. Y posteriormente se utilizó trimmomatic, para remover las secuencias técnicas de la secuenciación (indicadores, adaptadores y remanentes de cebadores).

Finalmente, el conjunto de datos se cargó en el software MG-Rast, el cual realizó el proceso de emparejado (Forward y Reverso) para obtener secuencias en promedio con 448+/-9 bases de longitud. Finalmente, el software reportó la anotación de los porcentajes de los niveles taxonómicos en dominio, phylum, clase, orden, familia y género.

Considerando la magnitud de la información el análisis realizado para este proyecto se redujo el análisis para las secuencias obtenidas de phylum y género.

3.2. Verificación de los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico.

Para examinar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico, se realizó una siembra de la piña aplicando un diseño señalado anteriormente en la figura 6.

Para la fumigación del cultivo de la piña en área experimental señalada como suelos FB y FQ se utilizó un insecticida biológico desarrollado en la Universidad Pontificia Bolivariana y registrado como el patente, el cual se aplicó conservando la concentración de elaboración, sin agregarle agua. El suelo

fumigado con insecticida químico (FQ) aplica un insecticida tradicionalmente utilizado en la zona que fue el Lorsban 4 EC (FQ) este se aplicó en una concentración de 5% es decir por 1 litro de agua, 50 ml de Lorsban.

Al día siguiente de la aplicación de los insecticidas, se realizó el muestreo para análisis fisicoquímico de suelo, utilizando la misma metodología señalada en el capítulo 3.1.1.

3.3. Valoración de los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico.

Para la valoración de los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico se tuvo en cuenta resultados de análisis microbiológicos obtenidos a través de la metagenómica, donde se aplicó la metodología señalada en el capítulo 3.1.2.

4. Datos y Análisis

4.1. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de suelo cultivado con piña en el municipio de Lebrija, Santander.

Seguidamente se reportan las mediciones iniciales fisicoquímicas y microbiológicas del suelo proveniente de la Granja Bella vista del Municipio de Lebrija Santander, donde se realizó experimentación en campo.

2.13.1. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos de interés.

En la tabla 14 se reportan los resultados de las propiedades físico químicas iniciales presentes en áreas experimentales de los suelo de interés.

Tabla 14. Propiedades físico químicas iniciales presentes en los suelos de interés.

Parámetro fisicoquímico	Suelo B	Suelo C	Suelo FB	Suelo FQ
pH	4,7	4,2	4,4	4,5
Δ pH.	Intercambiador catiónico.	Intercambiador catiónico.	Intercambiador catiónico.	Intercambiador catiónico.
Conductividad Eléctrica	0,6 dS/m	0,5 dS/m	0,5 dS/m	0,5 dS/m
Acidez intercambiable	3,3 meq/100g	3,2 meq/100g	3,5 meq/100g	2,9 meq/100g
Aluminio intercambiable.	3,5 meq/100g	3,1 meq/100g	3,9 meq/100g	1,3 meq/100g
Textura (Granulometría y Bouyoucos)	Franco-arcilloso-arenoso	Franco-arcilloso-arenoso	Franco-arcilloso-arenoso	Franco-arcilloso-arenoso
Densidad aparente	1,64 g/cc	1,64 g/cc	1,64 g/cc	1,64 g/cc
Densidad real	2,02 g/ml	2,20 g/ml	2,0 g/ml	2,22 g/ml
Infiltración	268,94 cm/h	175,85 cm/h	-	397,57 cm/h
Capacidad de Intercambio Catiónico	12,4 meq/100g	9,07 meq/100g	7,67 meq/100g	15,93 meq/100g
Materia Orgánica	1,7%	2,5%	2,3%	2,2%
Carbono Orgánico	0,72%	0,61%	0,96%	0,98%
Fosforo total	120 mg/PO ₄	104 mg/PO ₄	179 mg PO ₄ /Kg	123 mg PO ₄ /Kg
Nitrógeno total	448 mg NTK/Kg	476 mg NTK/Kg	420 mg NTK/Kg	448 mg NTK/Kg

Fuente: Autora.

En la tabla 14 se evidencia que el suelo B tiene un bajo pH y alta acidez la cual genera la disponibilidad de aluminio intercambiable en el suelo. Mas, sin embargo, el contenido de aluminio intercambiable de 3,5 meq/100 g, correspondiente a 315 ppm se ubica por encima del valor 1 ppm, reportado en la literatura como un límite por encima del cual se ejerce efecto toxico en el suelo (Acevedo, 2004). Los suelos C, FB y FQ presentan el mismo comportamiento tienen un pH bajo y una alta acidez evidenciando la disponibilidad de aluminio intercambiable y superando el valor de 1ppm por encima del cual se ejerce efecto toxico en los suelos (Acevedo,2014).

La conductividad eléctrica de los suelos B, C, FB y FQ con un valor de 0,6 dS/m a 0,5dS/m se ubica un intervalo de 0,35 a 0,65 dS/m, lo cual clasifica estos suelos como ligeramente salinos (Andrade & Martínez, 2004). Lo anterior tiene coherencia con los valores de CIC entre 15,93 meq/100g a 7,97 meq/100g y la materia orgánica en un intervalo entre 2,5% a 1,7%, con unos valores de carbono orgánico de 0,98% y 0,61%, catalogando estos suelos como suelos minerales con intermedio CIC.

La textura de los suelos B, C, FB y FQ es Franco-arcilloso-arenosa con porcentajes de arena entre 72,68 y 59,41, limos de 40,57 a 26,98 y gravas entre 0,44 y 0,01 (Ver anexo B). Esto indica que el suelo no es compacto, lo cual se relaciona con su alta infiltración entre 397,57cm/h y 175,85cm/h. Mas sin embargo la perdida de humedad no es muy alta por la retención de agua en la fracción de arcilla, lo cual permite generar unas buenas condiciones de desarrollo de cultivo y de los microorganismos en el suelo (Ver anexo C).

La densidad aparente inicial presente en los suelos (B, C, FB y FQ) correspondiente a 1,64 g/cc, supera el valor reportado en la literatura como un valor recomendable para un suelo agrícola, siendo la densidad real cercana al rango de 2,2 a 3,2 g/cc que reporta la literatura como una referencia para este tipo de suelo (USDA, 2011; FAO, 2018).

Los suelos B, C, FB y FQ presenta altos valores de fosforo y bajos de nitrógeno, lo cual requiere una corrección en los suelos con un fertilizante adecuado.

La pérdida de humedad analizada en condiciones de laboratorio a temperatura de ambiente, es mas alta en los suelos FB y FQ, cuyo descenso del contenido de humedad va desde 7,0 % hasta 1,7 %, en comparación con los suelos B y C (Ver anexo C). Esto indica mayor pérdida de agua en estos suelos en el mismo tiempo de experimentación. Siendo esta información importante para el riego del cultivo.

2.13.2. Evaluación de las propiedades microbiológicas iniciales de los suelos de interés.

De todas las secuencias analizadas en todos los muestreos, más del 98,68% correspondieron a organismos del Dominio Bacteria, un porcentaje menor al 1,27% de las secuencias correspondió a organismos del Dominio Eucarya y en algunas muestras, se observó un porcentaje no mayor al 0,13% de secuencias de bases no clasificadas. (Ver anexo D y E); lo que indicó en total un alto porcentaje de secuencias de microbiota bacteriana analizadas.

En el anexo D se reporta análisis de las secuencias de dominio y Phylum iniciales de los Suelos B y C arrojado por el software MG-Rast.

Considerando que el suelo C y B representan condiciones iniciales, en su primer muestreo se determinaron propiedades microbiológicas, las cuales se reportan en las tablas 18 y 19, mostrando la relación taxonómica entre los microorganismos identificados.

Tabla 15. Muestreo 1: Relación taxonómica inicial de la microbiota presentes en el suelo B.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Thermomonosporaceae	Actinomadura
			Mycobacteriaceae	Mycobacterium
			Streptomyetaceae	Streptomyces
	Rubrobacteria (No se identificó)	Solirubrobacteriales	Conexibacteriaceae	Conexibacter
Planctomycetes o Planctobacteria	Planctomycetacia	Planctomycetales	Planctomycetaceae	Isosphaera
Acidobacteria	Acidobacteria	Acidobacteriales	Acidobacteriaceae	Candidatus Koribacter
	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No se identificó
	Solibacteres	Solibacteriales	Solibacteriaceae	Candidatus Solibacter.
Verrucomicrobia	Spartobacteria	No clasificadas. Derivada de Spartobacteria	No clasificadas. Derivadas de Spartobacteria	No se identificó
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales	Verrucomicrobiaceae	No clasificado pero derivado de Verrucomicrobiaceae
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus
	Clostridia	Clostridiales	No se identificó	No se identificó
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Burkholderia
	Alphaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Chloroflexi	Ktenonobacteria	No clasificadas. Derivadas de Ktenodobacteria.	Ktenodobacteraceae	Ktedonobacter
	Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	Dehalogenimonas
Gemmatimonadetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Spirochaetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Bacteroidetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Thermotogae	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Tabla 16. Muestreo1: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo C.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetales</i>	<i>Thermomonosporaceae</i>	<i>Actinomadura</i>
			<i>Mycobacteriaceae</i>	<i>Mycobacterium</i>
			<i>Streptomyetaceae</i>	<i>Streptomyces</i>
	Rubrobacteria (No se identificó)	<i>Solirubrobacteriales</i>	<i>Conexibacteriaceae</i>	<i>Conexibacter</i>
<i>Planctomycetes o Planctobacteria</i>	Planctomycetacia	<i>Planctomycetales</i>	<i>Planctomycetaceae</i>	<i>Isosphaera</i>
<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteriales</i>	-	<i>Candidatus Koribacter</i>
	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No se identificó
	<i>Solibacteres</i>	<i>Solibacterales</i>	<i>Solibacteriaceae</i>	<i>Candidatus Solibacter.</i>
<i>Verrucomicrobia</i>	<i>Spartobacteria</i>	No clasificada. Derivada de <i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Spartobacteria</i>	<i>Chthoniobacter</i>
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales	Verrucomicrobiaceae	No clasificado pero derivado de Verrucomicrobiaceae
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiales</i>	No se identificó	No se identificó
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	<i>Burkholderiales</i>	<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Burkholderia</i>
	<i>Alphaproteobacteria</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktenobacteria</i>	<i>Ktenodobacterales</i>	<i>Ktenodobacteraceae</i>	<i>Ktedonobacter</i>
	<i>Dehalococcoidetes</i>	Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	Dehalogenimonas
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Bacteroidetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Thermotogae</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Los organismos del Dominio Bacteria identificados en las muestras iniciales se clasificaron teniendo en cuenta los niveles taxonómicos de Phylum, Clase, Orden, Familia y Género (Ver tabla 15 y 16). Los Phylum nombrados como *Ascomycota* y *Streptophyta* (Ver anexo D y E) no corresponden a los 34 Phylas en que se clasifican las bacterias; el primero de ellos se relaciona con el reino Fungi y el segundo con el Reino Plantae.

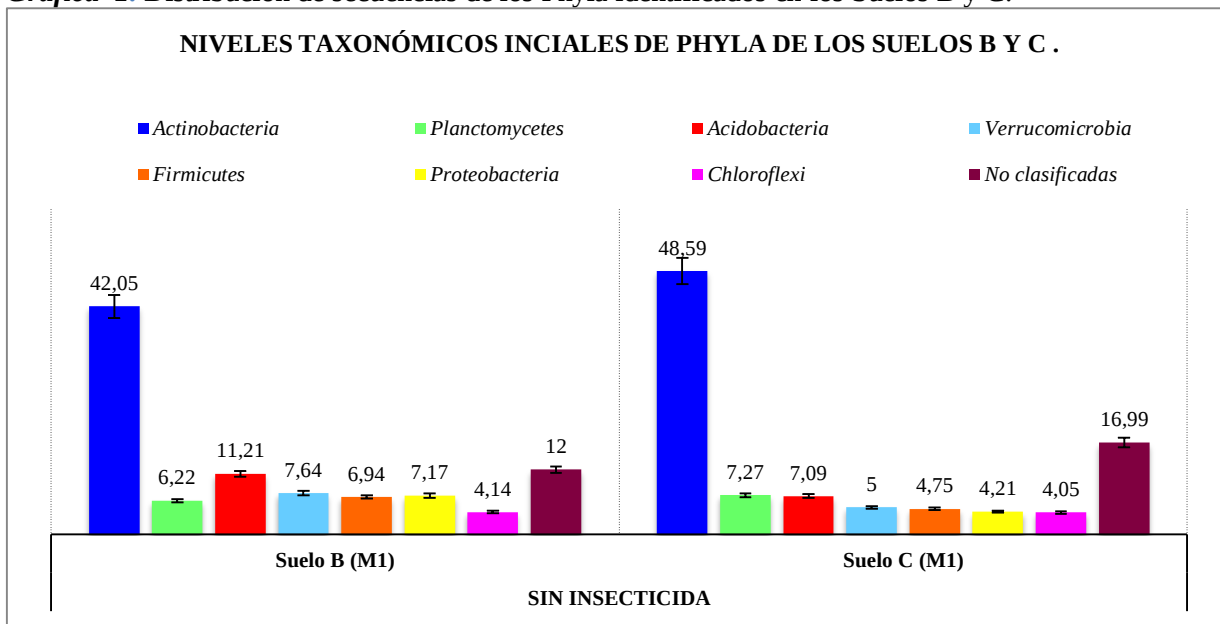
Con base en los resultados obtenidos de la metagenómica bacteriana edáfica, se identificaron siete Phylas principales en los suelos B y C, con porcentajes de distribución mayores al 2% (Ver Grafica 1) y corresponden a *Actinobacteria*, *Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* y *Chloroflexi*. Todos los Phylas identificados están relacionadas con la microbiota de un suelo y con los procesos de descomposición de materia orgánica y los ciclos biogeoquímicos.

Además, se identificaron cuatro Phylas con un porcentaje de distribución menor al 1%, que correspondieron a los grupos *Gemmatimonadetes*, *Spirochaetes*, *Bacteroidetes*, *Thermotogae* (Ver tabla 15 y 16). Estos grupos se relacionan con microorganismos presentes en los suelos, con metabolismo quimiorganotrofo y asociados con la degradación de la materia orgánica; sin embargo, no

se tuvieron en cuenta para el presente estudio, debido a que en los resultados de la metagenómica no se identificaron otros niveles taxonómicos relacionados con estos Phylas.

En la gráfica 1 se reportan los Phyla en los suelos B y C con sus respectivos porcentajes de distribución de las secuencias analizadas.

Grafica 1. Distribución de secuencias de los Phyla identificados en los Suelos B y C.

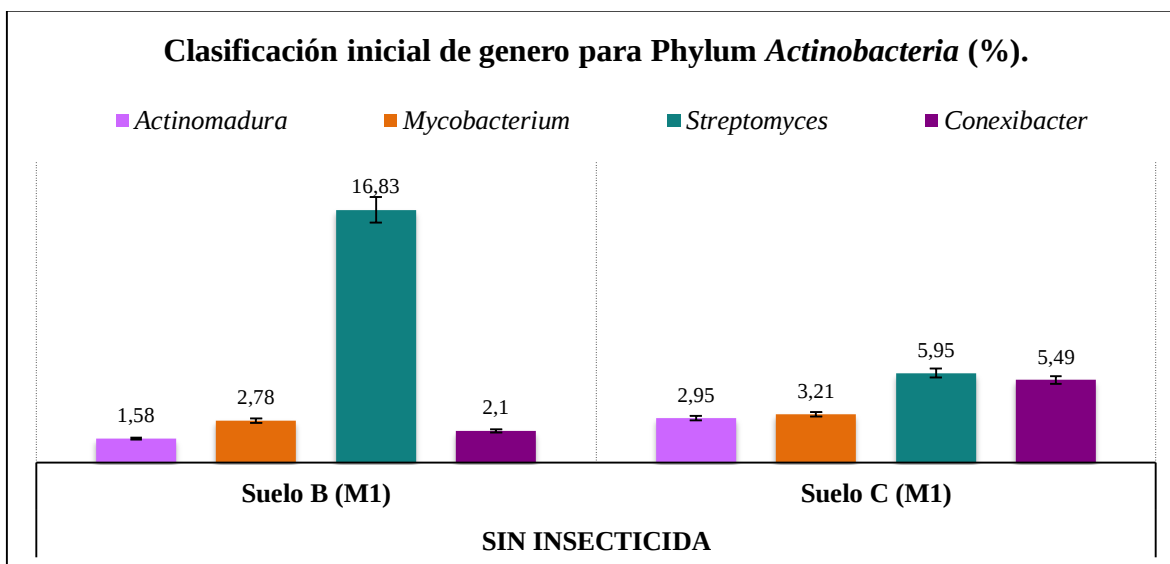


Fuente: Autora.

El phylum más representativo identificado corresponde a *Actinobacteria* con porcentajes de 48,59% en el Suelo C y de 42,05% en el suelo B. Este grupo de microorganismos son característicos de los suelos, representan entre el 20 y 60% de la población microbiana total edáfica y se asocian con los procesos de descomposición de materia orgánica, como la celulosa y la quitina, la transformación de materia orgánica y el ciclo del carbono, permitiendo el suministro de nutrientes al suelo y son importantes en la formación de humus. En la gráfica 1, se observa mayor porcentaje de *Actinobacteria* en el suelo C con respecto a suelo B. Esto se puede relacionar con la presencia del cultivo que favorece la actividad microbiana.

En la gráfica 2 se reportan los géneros presentes para el Phyla *Actinobacteria* en los suelos B y C con sus respectivos porcentajes de distribución de las secuencias analizadas.

Grafica 2. Distribución de secuencias de los Géneros del Phylum *Actinobacteria* en suelos B y C.



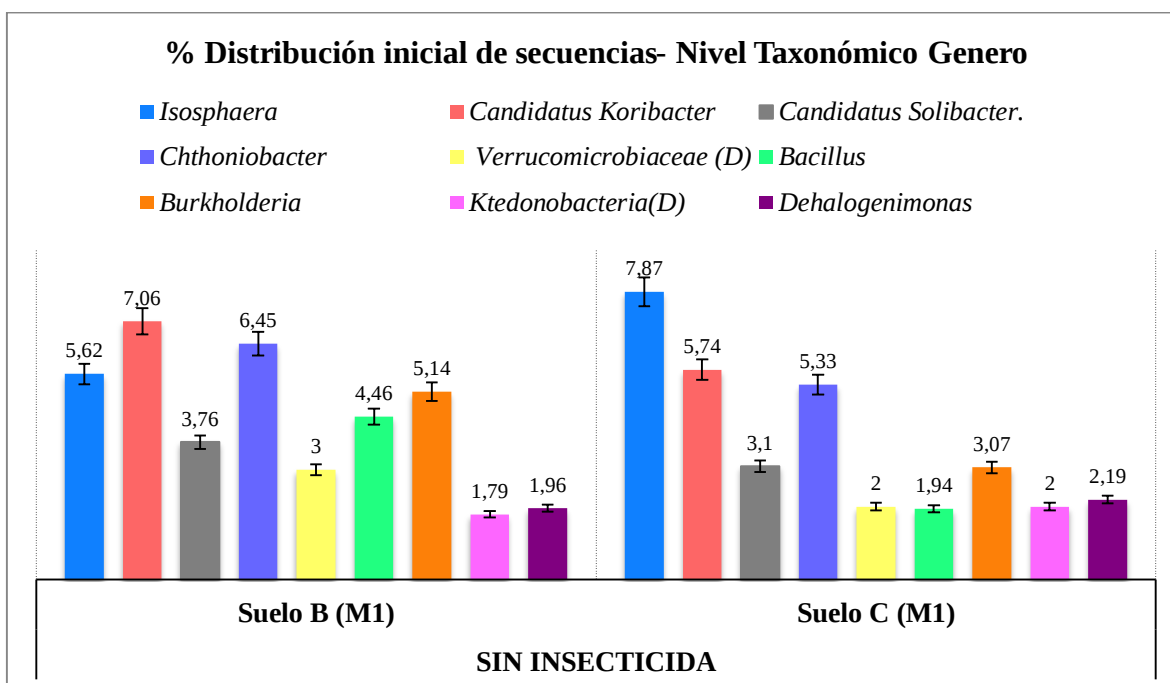
Fuente: Autora.

Para el phylum Actinobacteria, se identificaron cuatro géneros en los dos suelos, que corresponden a *Actinomadura*, *Mycobacterium*, *Streptomyces* y *Conexibacter* (Gráfica 2).

Se observa que los géneros de mayor porcentaje de distribución de secuencias en el Suelo C son los del grupo *Streptomyces*, *Conexibacter*, *Mycobacterium* y *Actinomadura*, donde el cultivo favorece su crecimiento en el suelo C. el género de *Streptomyces* tiene mayor porcentaje (5,95) en el suelo C que en el suelo B, donde se cree que la disminución del pH afecta este grupo microbiano, caracterizado por crecer en un rango de pH entre 6,5 y 8 (Cáceres, 2008). Todos los suelos presentaron pH bajos, pero en el suelo C, se observó que el cultivo acidifica el suelo, afectando el desarrollo de *Streptomyces*. Esta bacteria es característica de los suelos agrícolas, donde mejorando su fertilidad y estructura, por lo cual se acelera el crecimiento de las plantas.

La gráfica 3 muestra los géneros relacionados con cada uno de los Phyla identificados con porcentajes de distribución menor al 7,87% (*Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* y *Chloroflexi*).

Grafica 3. Distribución de secuencias de los Géneros en suelos B y C.



Fuente: Autora.

En la gráfica 3, se observa que los Phyla que presentaron aumento en el porcentaje de distribución en el suelo C, donde el cultivo favorece su desarrollo, fueron *Planctomycetes (Isosphaera)* y *Chloroflexi (Ktedonobacteria y Dehalogenimonas)*. Los géneros asociados a cada phylum, mostraron mayor porcentaje de distribución en el suelo C en comparación con el suelo B. Para el caso de *Planctomycetes* (Ver grafica 5), se identificó el género *Isosphaera*, con un 5,62% en el Suelo B y un 7,87% en el suelo C. Para el phylum *Chloroflexi* (Ver tabla 16), se identificaron dos géneros, *Ktedonobacter* y *Dehalogenimonas*, con un aumento en el porcentaje en el suelo C. El género *Ktedonobacter* con un 1,79% en el suelo B aumento a 2% en el suelo C, y el género *Dehalogenimonas* incremento de 1,96% para el suelo B a 2,19% en el suelo C.

Para los Phyla *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes* y *Proteobacteria* (Ver tabla 15 y 16) y sus géneros relacionados, se presentó disminución de porcentaje de distribución en un suelo cultivado, observando que tienen mayor porcentaje de distribución en un suelo sin cultivo.

4.2. Verificación de los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de interés, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida químico y biológico.

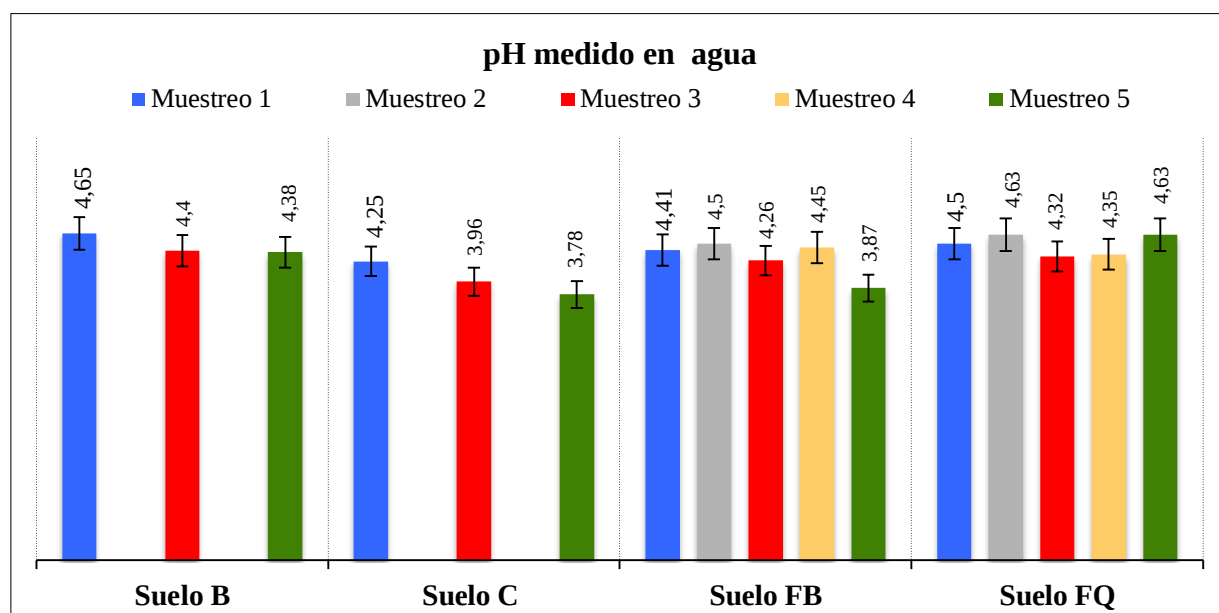
Debido a que en el primer muestreo (inicial) se tomó el suelo en la zona sin cultivo (suelo B) y los suelo con la siembra de piña (suelo C, FB y FQ) estas muestras se consideran como la referencia para la posterior comparación con los suelos fumigación (FB y FQ).

Seguidamente se reportan las mediciones de propiedades fisicoquímicas tomadas durante el tiempo de experimentación del suelo proveniente de la Granja Bella vista del Municipio de Lebrija Santander.

4.2.1. pH.

En la gráfica 4, se reportan los valores del cambio de pH medido en agua de los suelos de interés.

Grafica 4. Cambio de pH de suelo de interés medido en agua.



Fuente: Autora

En la gráfica 4, se visualiza la disminución de pH en el suelo (C) cultivado y sin fumigación con respecto al suelo B sin cultivo y sin fumigación, lo cual indica que el cultivo de piña introduce acidez en el suelo.

Los dos insecticidas alteran el pH de suelo, pero mantienen los valores por encima de control, favoreciendo de esta manera la calidad de suelo. Se destaca la acción del insecticida químico, cual

contiene en su composición aditivos como emulsificantes reportados en 55% (Dow AgroSciences, 2012), lo cual genera un pH alto que contrarresta la disminución de pH causado por el cultivo. En cambio, el insecticida biológico no posee estas sustancias, por lo cual su pH disminuye al valor 3,87 que se asemeja al comportamiento de suelo C.

En la Tabla 17, se reportan los valores de ΔpH y la clasificación de los cuatro suelo analizados. En el Anexo F y G se encuentran los resultados de la medición de pH en KCl utilizado para el cálculo.

Tabla 17. Resultados de el ΔpH y la clasificación de suelo como intercambiador iónico.

Muestras		pH agua	pH KCl	ΔpH	Tipo de Intercambiador
Suelo B	Muestreo 1	4,65	3,78	-0,87	Catiónico
	Muestreo 3	4,40	3,56	-0,84	Catiónico
	Muestreo 5	4,38	3,53	-0,85	Catiónico
Suelo C	Muestreo 1	4,25	3,70	-0,55	Catiónico
	Muestreo 3	3,96	3,32	-0,64	Catiónico
	Muestreo 5	3,78	3,39	-0,39	Catiónico
Suelo FB	Muestreo1	4,41	3,73	-0,68	Catiónico
	Muestreo 2	4,50	3,73	-0,77	Catiónico
	Muestreo 3	4,26	3,45	-0,81	Catiónico
	Muestreo 4	4,45	3,65	-0,80	Catiónico
	Muestreo 5	3,87	3,51	-0,36	Catiónico
Suelo FQ	Muestreo1	4,50	3,75	-0,75	Catiónico
	Muestreo 2	4,63	3,80	-0,83	Catiónico
	Muestreo 3	4,32	3,67	-0,65	Catiónico
	Muestreo 4	4,35	3,56	-0,79	Catiónico
	Muestreo 5	4,63	4,03	-0,60	Catiónico

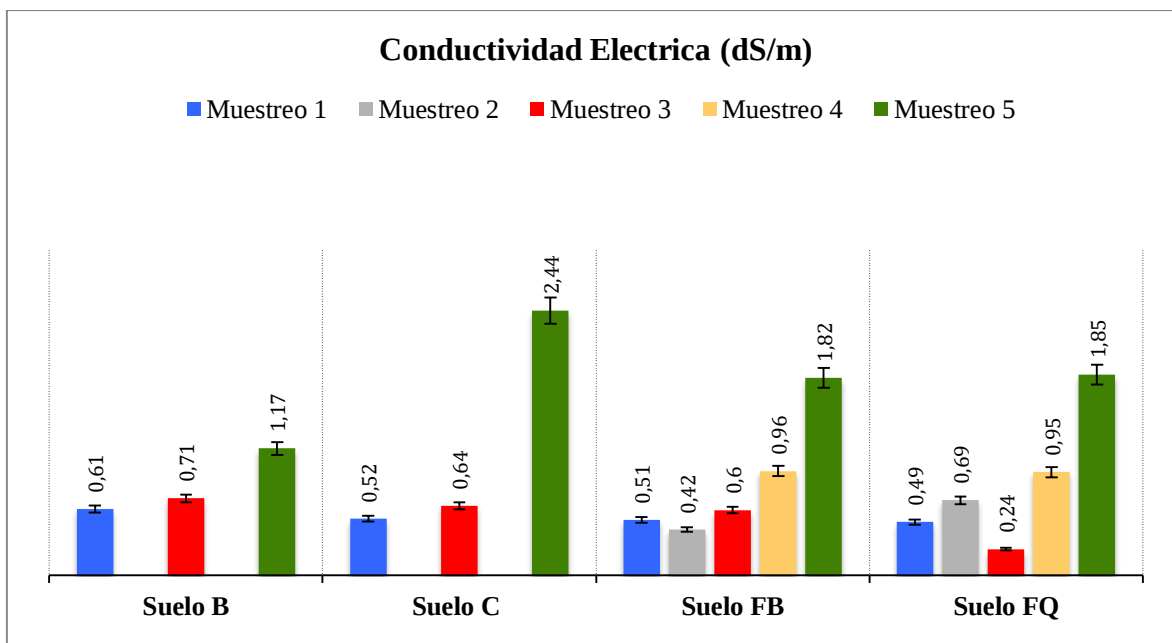
Fuente: Autora

En la tabla 17, se evidencia que los cuatro suelos analizados (B, C, FB, FQ) son intercambiadores catiónicos antes y después de la fumigación, lo cual indica un buen soporte para el cultivo por el aporte de cationes esenciales como Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} , K^{+} etc. Los valor de ΔpH reflejan también la presencia iones H^{+} los cuales se encuentran en gran cantidad debido a bajo pH de los suelos analizados.

4.2.2. Conductividad eléctrica.

En la gráfica 5 se reportan los valores de la conductividad medida para los suelos de interés.

Gráfica 5. Conductividad de los suelos de interés.



Fuente: Autora.

En la gráfica 5 se observa que el suelo sin fumigar y sin cultivo (B) tienen muy baja conductividad eléctrica con respecto a los suelos C, FB y FQ. Esto se debe posiblemente al suministro de los insecticidas durante la fumigación y a la constante fertilización, cuales otorgan iones que participan en el proceso de conductividad.

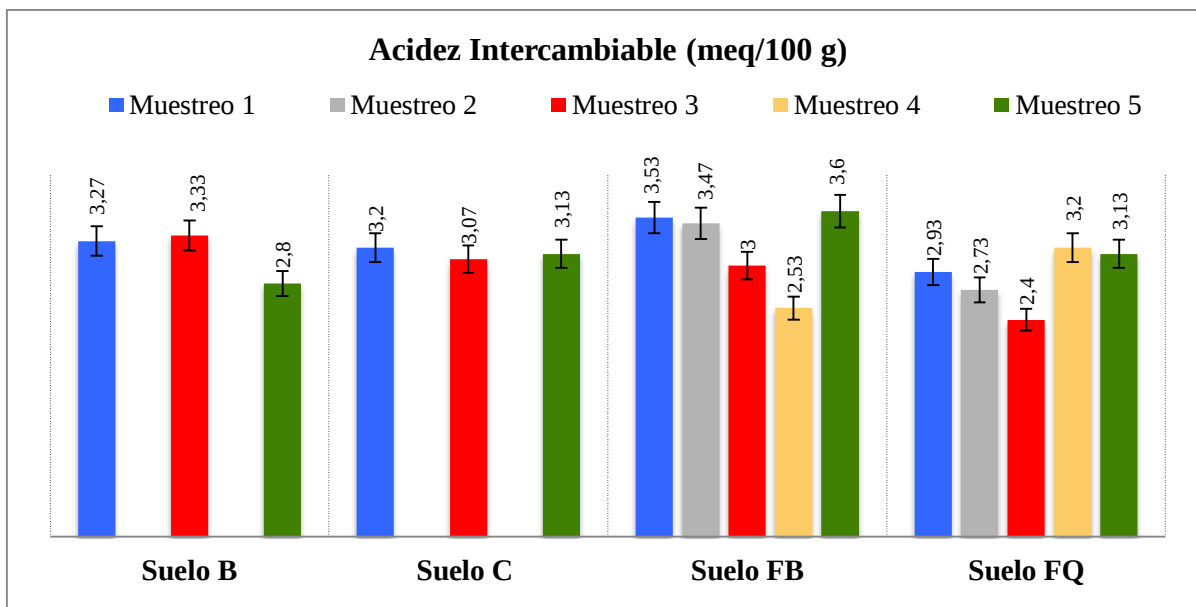
Se destaca el comportamiento del suelo C, FB y FQ, cuya conductividad aumenta significativamente del valor 0,52 a 2,44 dS/m; 0,51 a 1,82 dS/m y 0,49 a 1,85 dS/m respectivamente durante el tiempo de experimentación por las razones anteriormente indicadas, a la fertilización con triple (15-15-15) y aplicación de insecticidas.

Se observa que en el suelo C se relaciona con el comportamiento del pH a una elevada conductividad eléctrica una disminución drástica de pH, esto se debe a la presencia de iones H^+ en el suelo, las variaciones presentadas en los suelos FB y FQ se relacionan con las aplicaciones de insecticidas cuales pueden tener presencia de iones en sus formulas.

4.2.3. Acidez y aluminio intercambiable.

En la gráfica 6, se ilustra el comportamiento de la acidez intercambiable en los cuatro suelos de interés

Grafica 6. Acidez intercambiable en suelos de interés.



Fuente: Autora

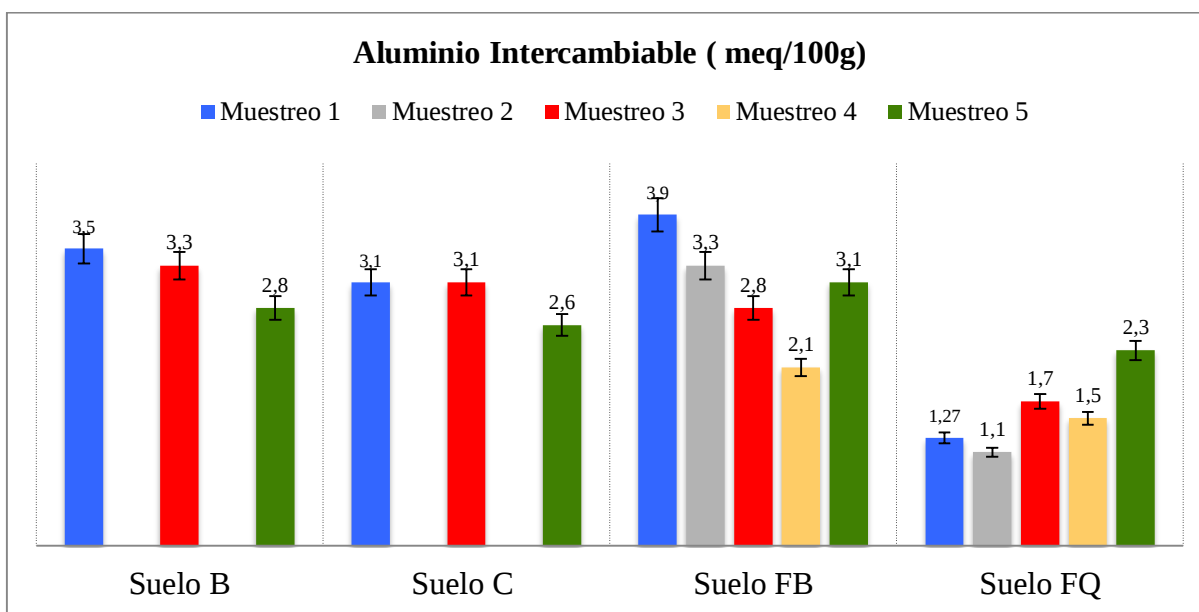
En la gráfica 6, se observa una disminución de la acidez intercambiable del suelo B, lo cual indica que la suma de iones Al^{3+} y H^{+} está bajando en el transcurso de tiempo de experimentación. Esto va acorde con el comportamiento del pH para este suelo, que baja ligeramente en un rango de 4,65 a 4,38.

Al comparar el suelo fumigado con insecticida biológico (FB) y químico (FQ) se observa que el suelo FB está más afectado por la acidez intercambiable, ya que su valor más alto es de 3,6 meq/100g en comparación con el valor 3,13 meq/100g de suelo FQ.

Teniendo en cuenta que la literatura relaciona los valores de pH menores de 5,5 con la alta concentración de aluminio (Al^{3+}), lo cual puede ser introducido por agroquímicos y algunos fertilizantes, se puede explicar el aumento de acidez intercambiable de suelos de FB y FQ por la aplicación de insecticidas (Meléndez & Molina, 2001).

En la gráfica 7, se ilustra resultados de aluminio intercambiable para los suelos de interés

Gráfica 7. Aluminio intercambiable en suelos de interés.



Fuente: Autora

En la gráfica 7, se observa la disminución de aluminio del suelo B, cual varía entre 3,5 meq/100 g a 2,8 meq/100 g y del suelo C cuyos valores de aluminio intercambiable disminuyen en un rango de 3,1 g meq/100 g a 3,3 g meq/100 g.

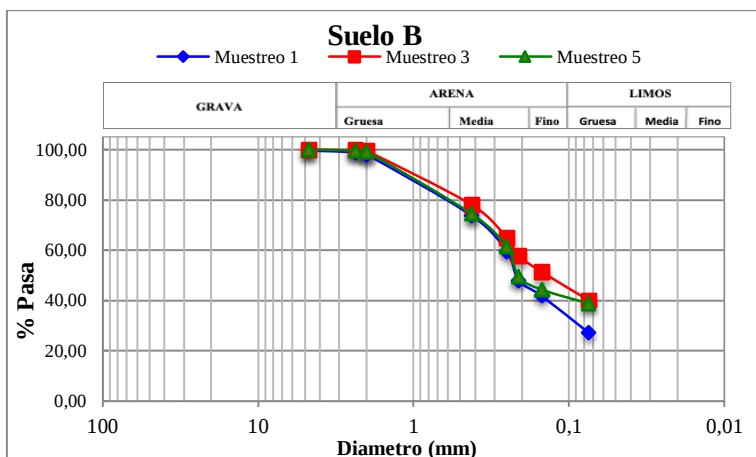
Los suelos fumigados con insecticidas FB y FQ presentan una tendencia contraria. Mientras FB disminuye la concentración de aluminio intercambiable de un valor de 3,9 meq/100 g a 3,1 meq/100 g, el suelo FQ aumenta el valor de 1,27 g meq/100 a 2,3 meq/100 g.

Desde el punto de vista de la toxicidad que imparte el aluminio intercambiable (Al^{3+}) se debe analizar el valor de la concentración de este ion en mg/Kg de suelo, donde la literatura reporta que por debajo de 1ppm no hay efecto toxico y por encima de este valor si lo hay. Considerando el máximo valor presentado en la gráfica 11 para el suelo FB correspondiente a 3,9 meq/100g de suelo, lo cual corresponde 351 ppm (Ver anexo, I), se evidencia que el aluminio intercambiable en todos los suelos presentan efecto toxico (Acevedo, 2004).

4.2.4. Textura.

En la gráfica 8, se ilustra la curva granulométrica para suelo B.

Gráfica 8. Curva granulométrica para suelo B.

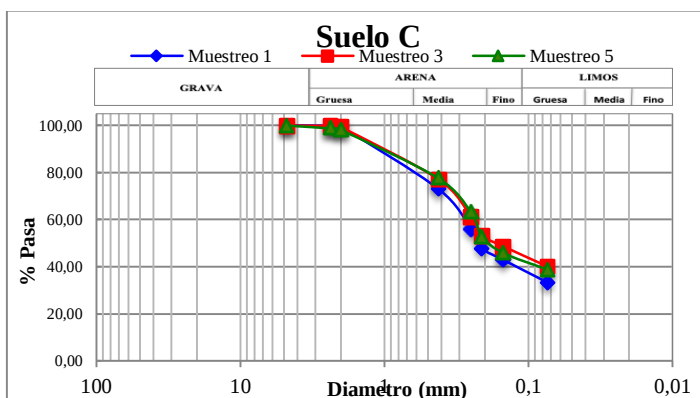


Fuente: Autora

En la curva granulométrica del suelo B se observa, que durante los tres muestreos los porcentajes de arenas y limos se mantienen semejantes, aumentando únicamente el porcentaje de partículas de limos de 26,98 a 38,85% (Ver anexo H). En el triángulo de textura se puede observar, que el suelo B (Ver anexo B), fue clasificado como un suelo Franco-arenoso-arcilloso al iniciar el proceso y con el transcurso del tiempo se mantuvo. Por lo anterior se puede ver la importancia de sostener este suelo a un cultivo, para evitar su erosión, fenómeno que se reporta en el municipio de Lebrija (Lebrija, 2018) y mejorar la calidad de este suelo.

En la gráfica 9, se ilustra la curva granulométrica para suelos C.

Gráfica 9. Curva Granulométrica para suelo C.



Fuente: Autora.

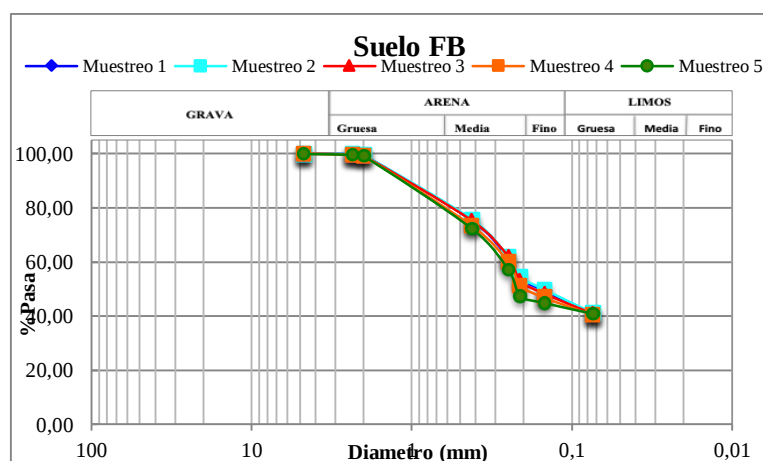
El comportamiento del contenido de las partículas de diferente diámetro en el suelo C es semejante al suelo B, indicando mayor porcentaje de arenas que limos (Ver anexo H).

El suelo C fue clasificado como Franco-arenoso-arcilloso al iniciar el proceso y en el transcurso de tiempo de experimentación cambio a suelo Franco-arenoso (Ver anexo B). Cuyos porcentajes de arena son 76,67%, Arcillas 18,05% Y limos 5,28%. la cantidad de la materia orgánica de estos suelos, reportada en capítulo 4.2.9 de este documento, es mayor para el suelo cultivado (C) que de un suelo sin cultivo (B), lo cual señala la ventaja de una actividad agrícola para la calidad de estos suelos.

En el anexo B, se evidencian los porcentajes de arena, arcilla y limo para los suelos en cada muestreo.

En la gráfica 10, se ilustra la curva granulométrica para suelo FB.

Grafica 10. Curva granulométrica para suelo FB.

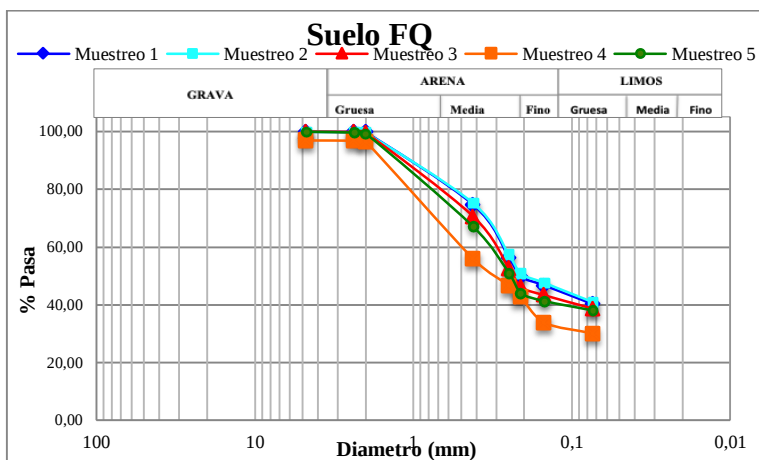


Fuente: Autora

En la gráfica 10 se puede apreciar que la curva granulométrica en transcurso de tiempo de experimentación se mantuvo constante y con un alto porcentaje de las partículas de diámetro entre 0,1 a 1 mm correspondiente a arenas. Mas sin embargo, en comparación con los suelos C y B, este suelo tiene menor proporción de porcentaje de gravas. El análisis de triángulo textural para el suelo cultivado y fumigado con insecticida biológico (FB) presentó una textura Franco-arenoso-arcillosa al iniciar al proceso, la cual se mantuvo durante el tiempo de experimentación. La agregación de un bioinsecticida al cultivo de piña evitó el cambio de la textura, siendo esto favorable para un suelo agrícola (Ver anexo B).

En la gráfica 11 se ilustra la curva granulométrica para suelo FQ.

Gráfica 11. Curva granulométrica para suelo denominado FQ.



Fuente: Autora

En la gráfica 11 se observa que la textura del suelo fumigado con insecticida químico se alteró en mayor grado que el suelo fumigado con insecticida biológico en tiempo de experimentación y muestreo respectivo.

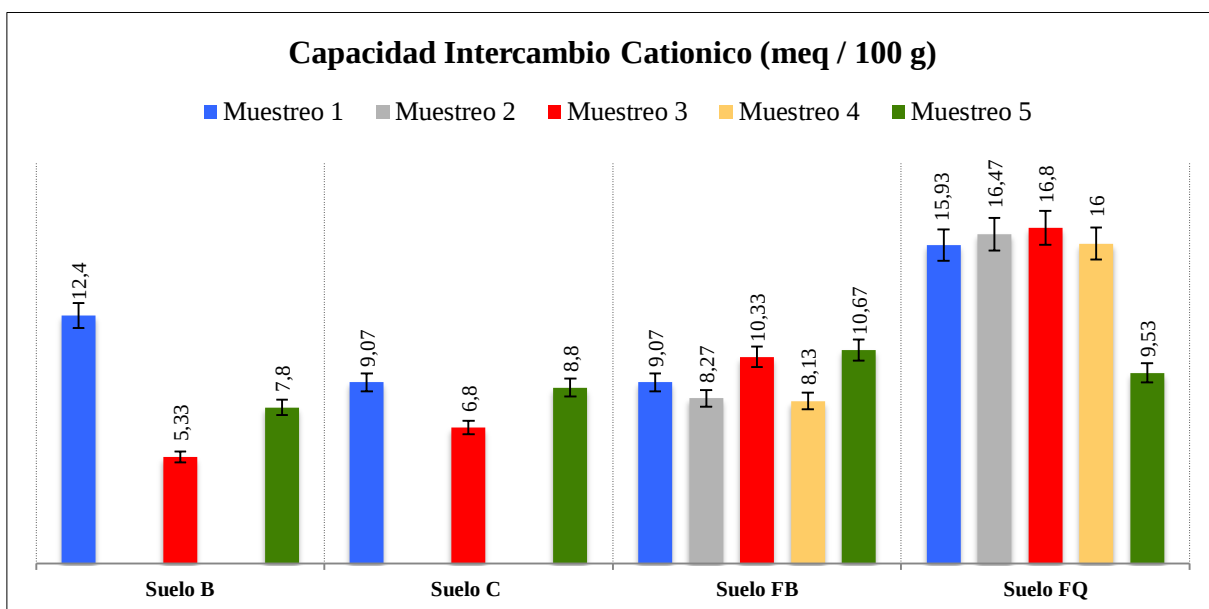
Al comparar el porcentaje de las partículas menores a 1mm reportadas para el suelo C y B con las que están presentes en el suelo FB se observa, que en suelo fumigado se mantiene igual proporción de finos durante el tiempo de experimentación. En cambio, los suelos C, así como FQ disminuyen el porcentaje de partículas pequeñas, lo con lleva en consecuencia a cambio de su estructura.

El suelo FQ, presentó una textura inicial Franco-arcilloso-arenoso, la cual durante el tiempo de experimentación cambio a una textura Franco-arenoso. Se destaca el efecto desfavorable de la fumigación, cual causa aglomeración de las partículas finas de suelo causadas por el insecticida agregado (Ver anexo B).

4.2.5. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

En la gráfica 12, se reportan los valores de la capacidad de intercambio catiónico medidos para los suelos de interés.

Grafica 12. Capacidad de Intercambio Catiónico en los suelos de interés.



Fuente: Autora

En la gráfica 12 se observa un aumento de valores de CIC para los suelos FB y FQ lo cual puede ser ocasionado por la adición de los respectivos insecticidas, mientras que los suelos B y C presentan la disminución de este parámetro.

Se destaca abrupto descenso de CIC en el suelo FQ cuál puede ser ocasionado por el cambio de la textura y una disminución de nutrientes en este suelo. Esto significa que a largo plazo la fumigación con insecticida químico puede causar una disminución de nutrientes en el suelo agrícola.

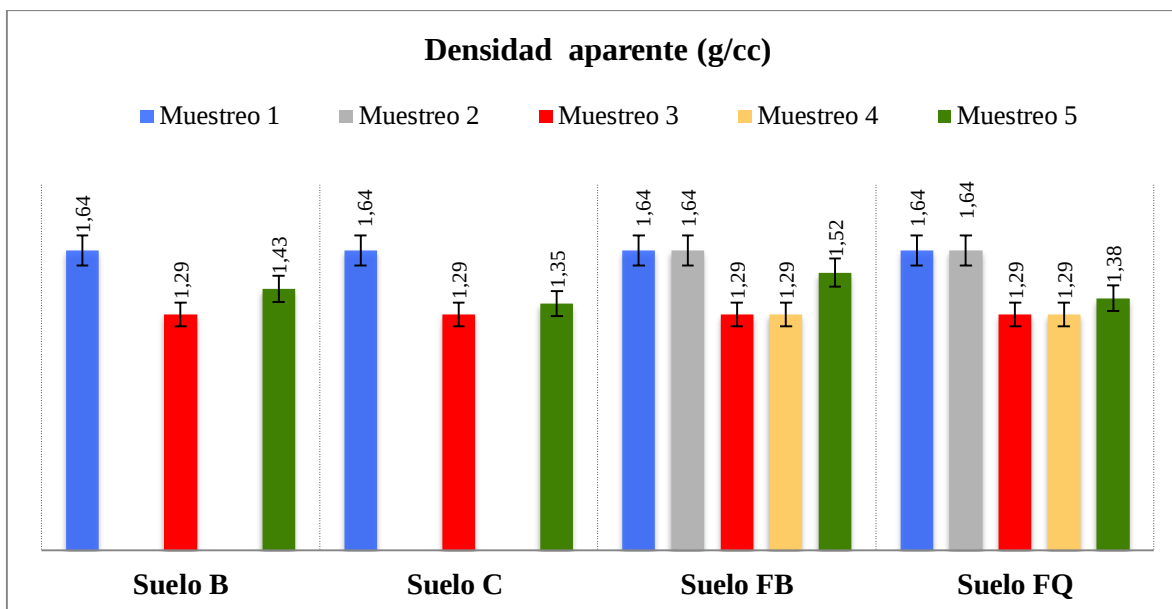
Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, la capacidad de intercambio catiónico clasifica los suelos, siendo el rango de 5 a 10 meq/100 gramos como suelos con baja capacidad de intercambio catiónico y entre 10 a 20 meq/100 gramos en suelo mediana capacidad de intercambio catiónico (IGAF, 2011). Por lo tanto, los suelos C y FB mantienen su baja CIC de intercambio durante tiempo de experimentación, mientras que los suelos FQ y B cambian de mediana CIC a baja capacidad de intercambio catiónico.

4.2.6. Densidad aparente.

La densidad aparente tiene en cuenta el espacio ocupado por los poros en un volumen de muestra de suelo. La densidad aparente típica para un suelo cultivado reportada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA, es de 1,4 g/cc. (USDA, 2011)

En la gráfica 13, se reportan los valores de la densidad aparente para los suelos de interés.

Grafica 13. Densidad aparente en los suelos de interés.



Fuente: Autora

Durante el tiempo de experimentación, todos los suelos de interés (B, C, FB y FQ) presentaron una disminución de la densidad aparente desde de un valor inicial de 1,64 g/cc. El menor descenso de este parámetro reportó el suelo FB y mayor el suelo de control, donde no se realizó fumigaciones.

Se puede destacar que los valores finales de todos los suelos analizados se encuentran en una proximidad del valor típico, reportado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos USDA.

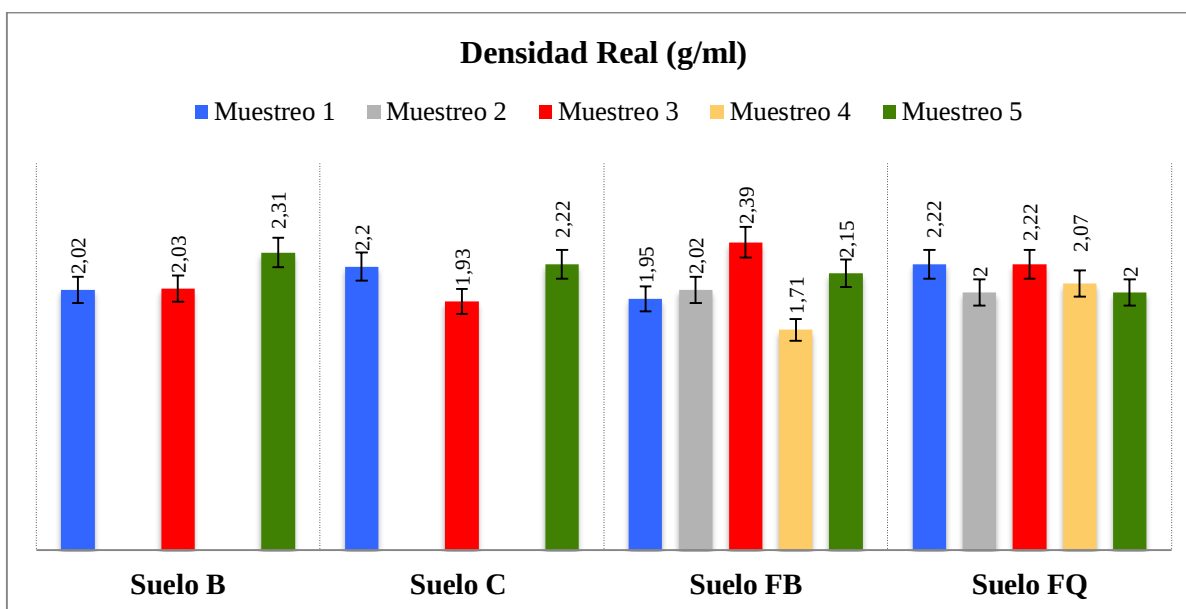
4.2.7. Densidad real.

En contraste con la densidad aparente la densidad real no tiene en cuenta los espacios libres en el suelo.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, la densidad real para un suelo cultivado oscila entre los valores de 2,2 a 3,2 g/cc (FAO, 2018).

En la gráfica 14, se reportan los valores de la densidad real para los suelos de interés.

Grafica 14. Densidad real en los suelos de interés.



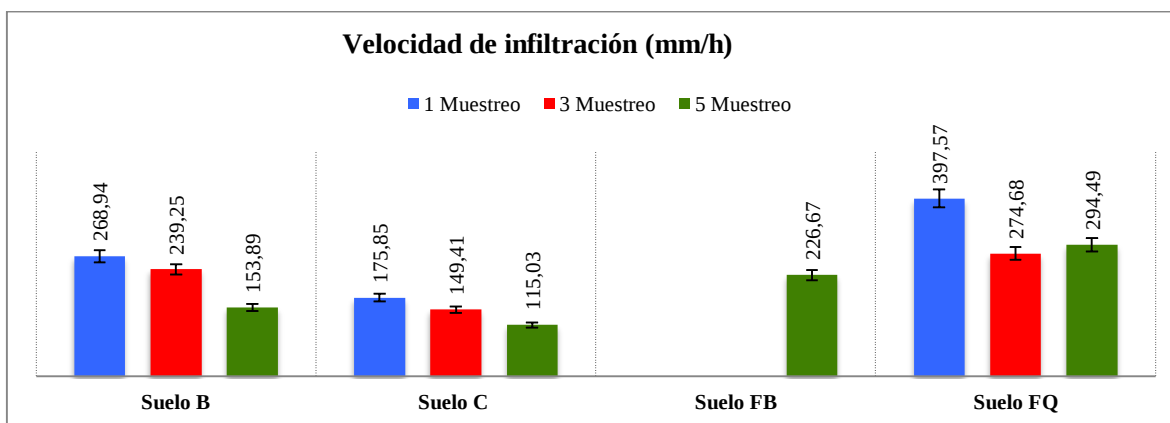
Fuente: Autora

En la Grafica 14, se observa la fluctuación de la densidad real para los suelos FQ y FB en contraste con el comportamiento de suelos B y C, cuales presentan menor variación de estos valores. Finalmente, todos los suelos presentan una leve tendencia de aumento de la densidad real, acercándose a un valor típico reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.

4.2.8. Infiltración.

En la gráfica 15, se reportan los valores de la infiltración para los suelos de interés.

Grafica 15. Infiltración en los suelos de interés.



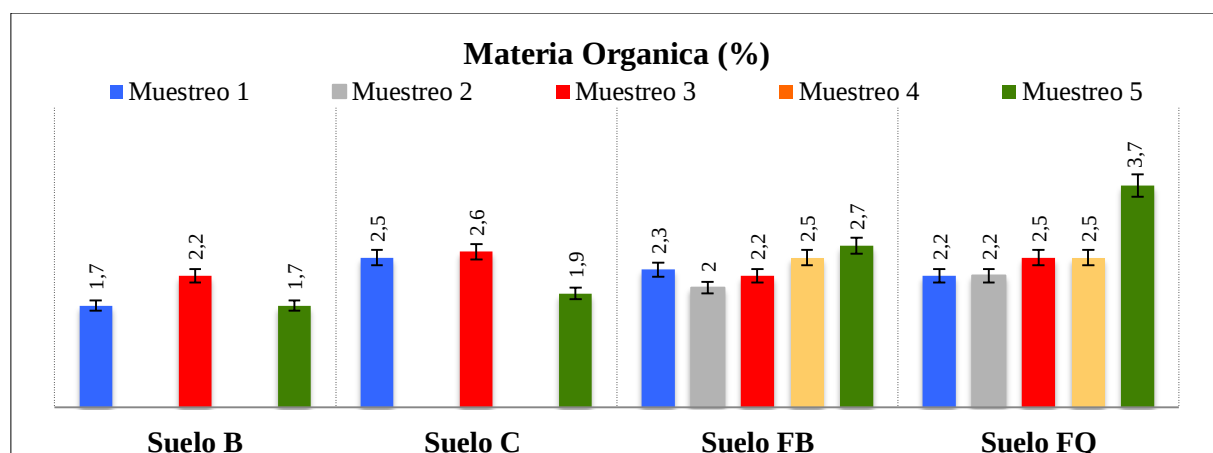
Fuente: Autora

En la gráfica 15, no se reportó los primeros datos de infiltración de FB debido a que se daño esta muestra. El suelo C reporta una disminución de infiltración en todos los muestreos especialmente a través del tiempo, correspondiente a 115,03 cm/h, siendo el suelo FQ con mayor valor de 397,57 cm/h. Independientemente del valor inicial, todos los suelos de interés presentan disminución de la infiltración, pero aun así su permeabilidad es muy rápida. Teniendo en cuenta el porcentaje de arenas y limos que va aumentando en todos los suelos de interés en transcurso de tiempo, se evidencia de esta manera la coherencia de este comportamiento (Ver Anexo B).

4.2.9. Materia Orgánica.

En la gráfica 16, se reportan los resultados obtenidos de la materia orgánica para los suelos de interés.

Gráfica 16. Materia orgánica presente en los suelos de interés.



Fuente: Autora

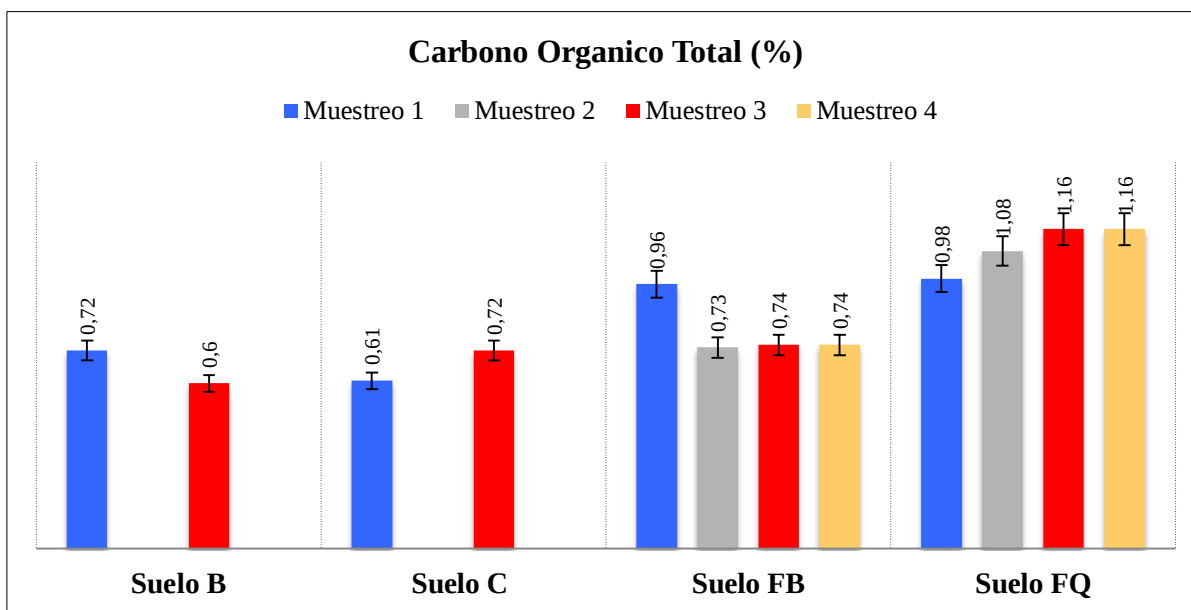
En la gráfica 16 se observa un aumento de la cantidad de materia orgánica de los suelos FB y FQ contrario a los suelos C y B, cuales disminuyen valores de este parámetro en el tiempo de experimentación. El mayor valor obtenido para materia orgánica, correspondiente a 3,7% se relaciona con el suelo FQ seguido por el 2,7% reportado para el suelo FB. En ambos casos el porcentaje de la materia orgánica puede ser aportado por los respectivos insecticidas que se introducen constantemente al suelo, Se destaca la acumulación de producto químico en el suelo que a largo plazo, cual puede ocasionar cambios microbiológicos y alterar propiedades fisicoquímicas del suelo de interés.

El menor valor de porcentaje de materia orgánica presenta el suelo B, donde no se realiza actividad agrícola lo cual indica el deterioro de un suelo sin cultivo.

4.2.10. Carbono orgánico total.

En la gráfica 17, se reportan los valores de carbono orgánico para los suelos de interés.

Grafica 17. Carbono orgánico presente en los suelos de interés.



Fuente: Autora.

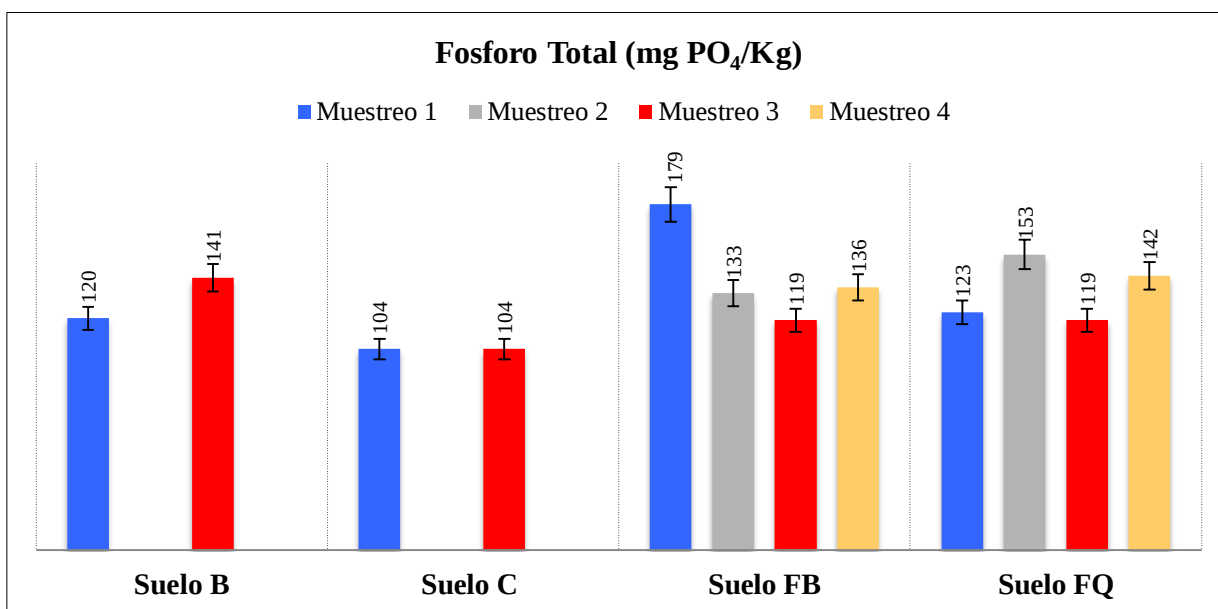
Debido a que el porcentaje de la materia orgánica en un suelo se relaciona estrechamente con la cantidad de carbono orgánico total, se puede ver igual comportamiento reportado en la gráfica 17. El mayor valor de carbono orgánico total presenta el suelo FQ con un porcentaje de 1,16%. Aunque los valores de carbono orgánico en los suelos fumigados son mayores que los iniciales, esto no indica que mejora la calidad de suelo. Hay que tener en cuenta que la fumigación de suelo aporta los compuestos que contienen los insecticidas y que se detectan como carbono orgánico total. De esta manera se puede destacar los resultados de último muestreo en los suelos FB y FQ viendo, que la acumulación del insecticida químico es superior que del insecticida biológico.

4.2.11. Fósforo total.

Una vez iniciado el proceso de siembra del cultivo de la piña se ha aplicado el protocolo de fertilización y cuidado correspondiente (Ver Tabla 8, Capítulo 2 de este documento).

En la gráfica 18, se reportan los valores de fósforo total para los suelos de interés.

Grafica 18. Fosforo total presente en los suelos de interés.



Fuente: Autora

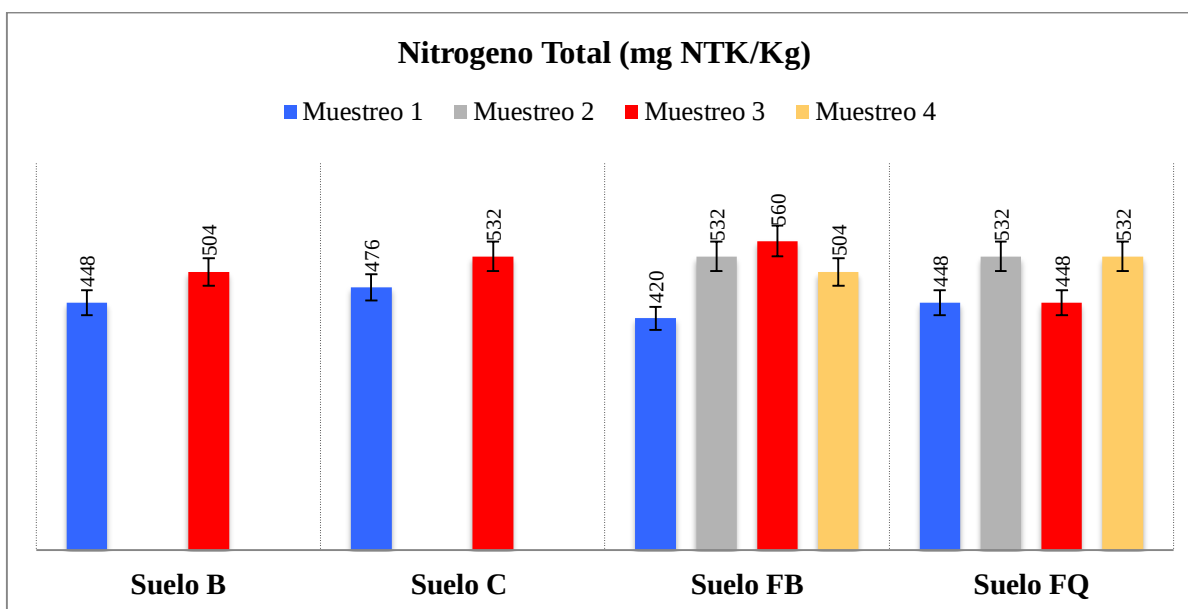
Según los reportes de FAO los niveles de fósforo en el suelo superiores a 30 ppm se clasifican como de nivel alto, lo cual se observa en la gráfica 18 (FAO, 2013). Estos altos valores de fósforo reportados para el suelo en área de experimentación se deben a una constante fertilización, aplicada a los cultivos de piña que se desarrolla tradicionalmente en esta región.

En la figura 18, se observa un comportamiento estable de suelo B y C, siendo menor cantidad de fosforo en área de control por la utilización de este elemento por las plantas sembradas. Los suelos FB y FQ presentan gran fluctuación debido a la presencia de fosforo en su fórmula. Por lo anterior se debe buscar un fertilizante que ajuste el contenido de este elemento en el suelo de interés.

4.2.12. Nitrógeno total.

En la gráfica 19, se reportan los valores de nitrógeno total para los suelos de interés.

Grafica 19. Nitrógeno total presente en los suelos de interés.



Fuente: Autora.

En la gráfica 19, se encuentra un rango de nitrógeno total en los suelos fumigados que oscila entre 420 a 560 mg NTK/Kg y que es semejante a la cantidad de este elemento en los suelos sin fumigar (B y C). Este comportamiento corresponde a un programa de fertilización aplicado para las cuatro áreas experimentales.

Según Ríos, el suelo que contiene el nitrógeno en un rango de 0,032% a 0,063%, se clasifica como pobre para este parámetro (Ríos, 2005). Lo anterior indica la necesidad de adicción de nitrógeno para los suelos de interés, ya que su contenido reportado entre 420 a 560 mg NTK/Kg corresponde a 0,042% a 0,0560% (Anexo I).

Finalmente, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la caracterización físicoquímica de los suelos contaminados con insecticidas (FB y FQ) y el suelo C y B de estudio en la Tabla 18 se resumen los resultados, indicando la interpretación correspondiente.

Tabla 18. Interpretación de las características físico químicas de los suelos de interés.

Parámetros	Interpretación suelo B	Interpretación del suelo C	Interpretación de suelo FB	Interpretación del suelo FQ
Textura	Suelo franco-arcilloso- arenoso	Suelo franco- arenoso.	Suelo franco-arcilloso-arenoso.	Suelo franco- arenoso.
Granulometría	Suelo bien gradado	Suelo bien gradado	Suelo bien gradado	Suelo bien gradado
pH H₂O /pH KCl	4,38 (muy fuertemente ácido) - 3,53(extremadamente ácido).	3,78 (extremadamente ácido) - 3,39 (extremadamente ácido).	3,87 (Extremadamente ácido) – 3,51 (extremadamente ácido).	4,63 (extremadamente ácido) – 4,03 (extremadamente ácido).
ΔpH	Predomina la carga negativa (-), intercambiador catiónico.	Predomina la carga negativa (-), intercambiador catiónico.	Predomina la carga negativa (-), intercambiador catiónico.	Predomina la carga negativa(-), intercambiador catiónico.
Conductividad Eléctrica	1,17 dS/m. (Suelo ligeramente salino. Restringe el crecimiento de las plantas y altera los procesos microbianos).	2,44 dS/m. (Suelo ligeramente salino. Restringe el crecimiento de las plantas, e influencia en los procesos microbianos como la respiración).	1,82 dS/m. (Suelo muy ligeramente salino. Restringe el crecimiento de las plantas y altera los procesos microbianos).	1,85 dS/m. (Suelo muy ligeramente salino. Restringe el crecimiento de las plantas y altera los procesos microbianos).
Acidez y Aluminio intercambiable	3,4 meq/100g - 2,8 meq/100g (Suelo muy soluble y alcanzan concentraciones tóxicas).	3,13 meq/100g – 3,3 meq/100g (Suelo soluble que puede alcanzar toxicidad).	3,6 meq/100g – 3,1meq/100g (Suelo soluble que puede alcanzar toxicidad).	3,13 meq/100g - 2,3 meq/100g (Suelo soluble que puede alcanzar toxicidad).
Capacidad de Intercambio Catiónico	7,8 meq/100g (Baja fertilidad).	8,8 meq/100g (Baja fertilidad)	10,67 meq/100g (índice de fertilidad bajo)	9,53 meq/100g (índice de fertilidad bajo)
Densidad Aparente	1,43 g/cc (Degradación del suelo por compactación).	1,35 g/cc (Suelos disgregados con contenido de materia orgánica).	1,52 g/cc (Suelos disgregados con contenido de materia orgánica).	1,38 g/cc (Suelos disgregados con contenido de materia orgánica)
Curva de la pérdida de humedad	Baja capacidad de retención de agua.	Capacidad media de retención de agua.	Capacidad media de retención de agua.	Capacidad media de retención de agua.
Materia orgánica	1,7% (Suelo pobre en materia orgánica)	1,9% (Suelo con regular materia orgánica).	2,7% (Suelo con regular materia orgánica).	3,7% (Suelo con regular materia orgánica).
Carbono orgánico	0,6% (Bajo).	0,72% (Bajo).	0,74% (Bajo).	1,16% (Medio).
Fosforo total	141 mg PO ₄ /Kg (Alto)	104 mg PO ₄ /Kg (Alto)	136 mg PO ₄ /Kg (Alto)	142 mg PO ₄ /Kg (Alto)
Nitrógeno Total	504 mg NTK/ Kg (Bajo).	532 mg NTK/ Kg (Bajo).	504 mg NTK/ Kg (Bajo).	532 mg NTK/ Kg (Bajo).

Fuente: Autora

En la tabla 18, se reporta el resumen e interpretación general de los datos obtenidos en los diferentes parámetros físico químicos en los suelos B, C, FB y FQ, el cual se evidencia la toxicidad de los suelos por el alto contenido de aluminio intercambiable, la mediana capacidad de retención de agua, el bajo contenido nitrógeno total y el alto contenido de fósforo total. Además del cambio de textura del suelo C y FQ.

Los suelos B, C, FB y FQ son ligeramente salinos lo cual puede alterar los procesos microbianos, la retención de humedad es baja en el suelo B debido a su falta de cobertura vegetal en comparación con los suelos C, FB Y FQ cuales tiene una retención de humedad media debido a que el cultivo favorece el suelo.

4.3. Valoración de los cambios en las propiedades microbiológicas del suelo, objeto de estudio, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico.

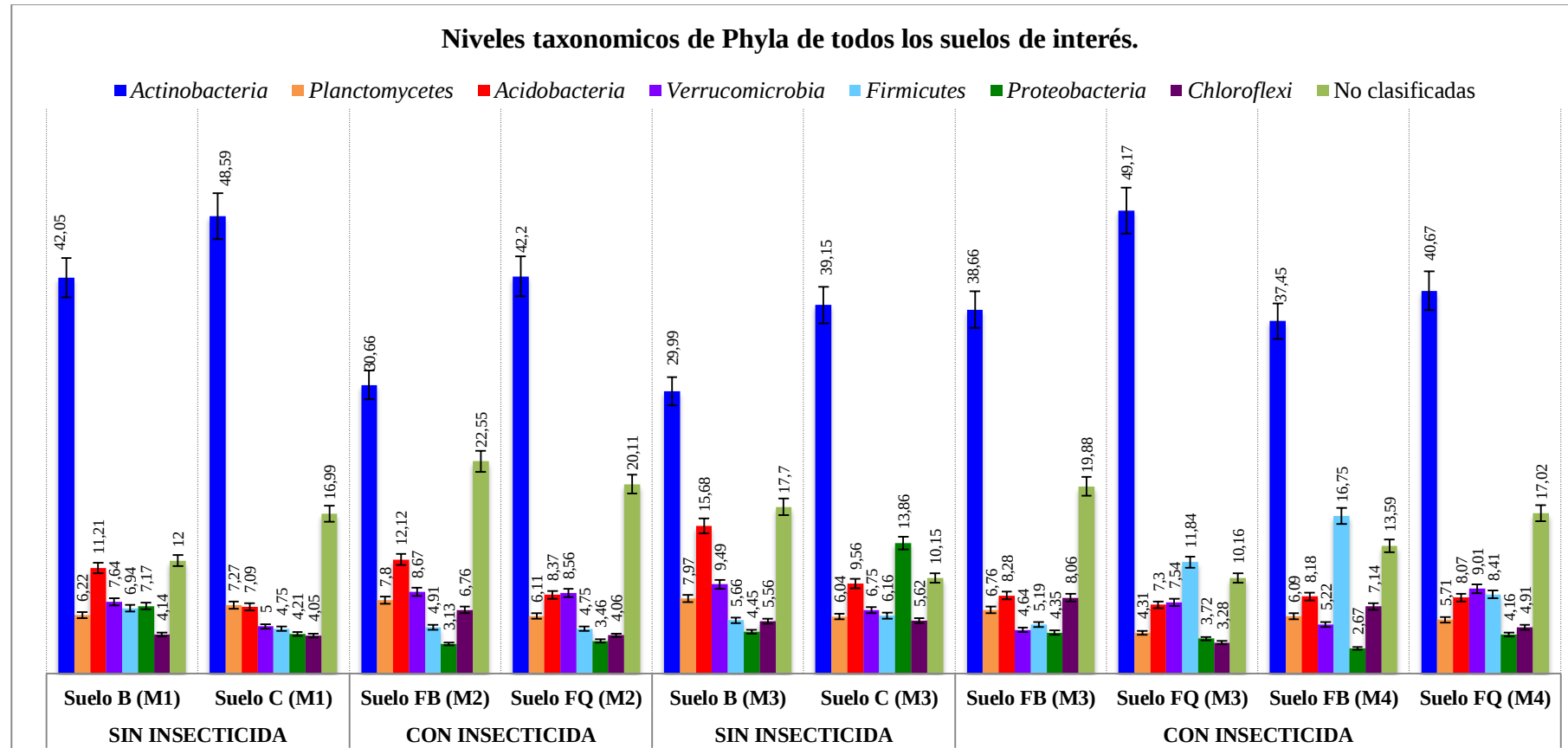
Seguidamente se reportan las mediciones microbiológicas del suelo proveniente de la Granja Bella vista del municipio de Lebrija Santander donde se realizó experimentación en campo.

En la grafica 20 se reportan todos los phylum analizados en el estudio de la metagenómica bacteriana edáfica, donde se analizan siete Phylas principales en los suelos B, C, FB, y FQ con porcentajes de distribución mayores al 2% que corresponden a *Actinobacteria*, *Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* y *Chloroflexi* (Ver Anexo J). Todos los Phylas identificados están relacionados con los procesos de descomposición de materia orgánica, con la microbiota de un suelo y con los ciclos biogeoquímicos.

Los cuatro Phylas identificados con un porcentaje de distribución menor al 1%, que correspondieron a los grupos *Gemmatimonadetes*, *Spirochaetes*, *Bacteroidetes*, *Thermotogae* (Ver Anexo J). Estos grupos se relacionan con microorganismos presentes en los suelos, con metabolismo quimiorganotrofo y asociados con la degradación de la materia orgánica; sin embargo, no se tuvieron en cuenta para el presente estudio, debido a que en los resultados de la metagenómica no se identificaron otros niveles taxonómicos relacionados con estos Phylas.

En la gráfica 20 se reporta el porcentaje de distribución de frecuencias de los Phylas identificados en los suelos estudiados durante el tiempo de experimentación.

Grafica 20. Distribución taxonómica de todos los Phylas en los suelos.



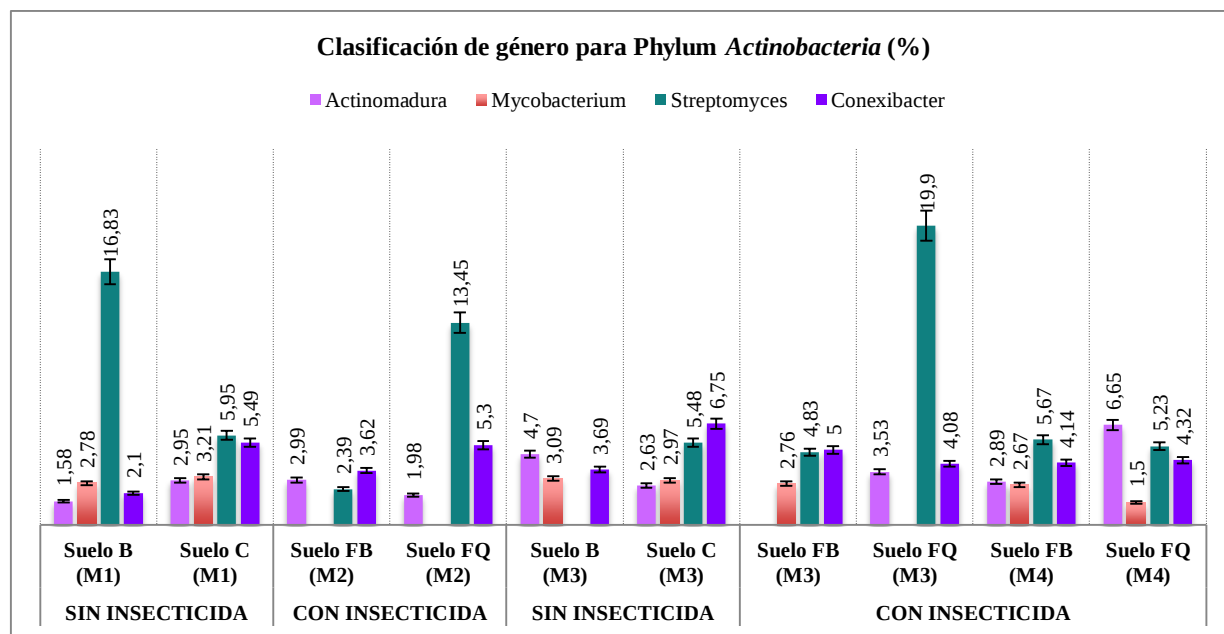
Fuente: Autora.

En la grafica 20, se evidencia que los Phylas identificados en las condiciones iniciales del estudio (*Actinobacteria*, *Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* y *Chloroflexi*), se mantienen después de la fumigación en los suelos analizados, indicando que los insecticidas químico y biológico aplicados no alteraron la riqueza bacteriana.

De las secuencias obtenidas el mayor porcentaje de distribución se encuentra en el Phylum *Actinobacteria* con porcentajes entre 29,99% y 49,17%, seguido de las no clasificadas entre un intervalo de 22,55% y 10,15%, luego los Phylum *Acidobacteria* y *Firmicutes* cuyos porcentajes están entre 15% y 8%, estos Phylum son característicos de los suelos agrícolas.

En la gráfica 21 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Actinobacteria* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 21. Clasificación de género para Phylum *Actinobacteria*.



Fuente: Autora.

Se observa que el Phylum *Actinobacteria* predomina en cada suelo y en todos los muestreos realizados, con un porcentaje entre el 29,99% y 49,17% (Grafica 24), siendo el grupo filogenético de mayor distribución. Se mantiene un mayor porcentaje de *Actinobacterias* en el Suelo C, donde las condiciones de pH favorecen su desarrollo. El suelo fumigado con insecticida químico presentó mayor

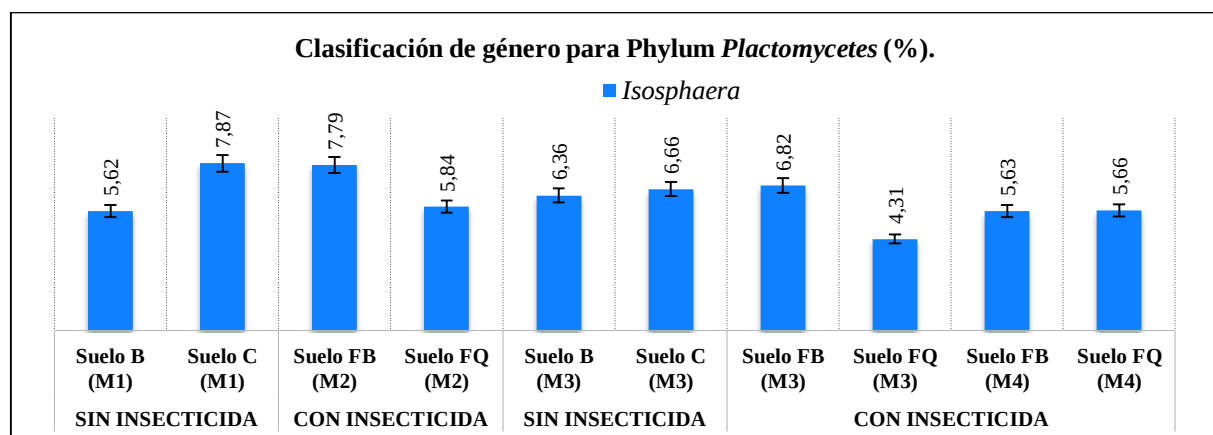
porcentaje de distribución. En este suelo se observó un aumento del pH y concentración adecuada de materia orgánica que favorecen el desarrollo de esta microbiota.

En la gráfica 21 se observa que los géneros del Phylum *Actinobacteria*, son los mismos que se identificaron en el Suelo B y C al inicio del estudio (*Actinomadura*, *Mycobacterium*, *Streptomyces*, *Conexibacter*).

En el caso de *Streptomyces*, el género más significativo del Phylum, presentó mayor porcentaje de distribución en los suelos B y suelo FQ, caracterizados por presentar un pH más alto comparado con los suelos C y FB. Se observó que los porcentajes de distribución disminuyen después de cada fumigación, pero se evidencia aumento después del tiempo.

En la gráfica 22 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Planctomycetes* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 22. Clasificación de género para Phylum *Planctomycetes*

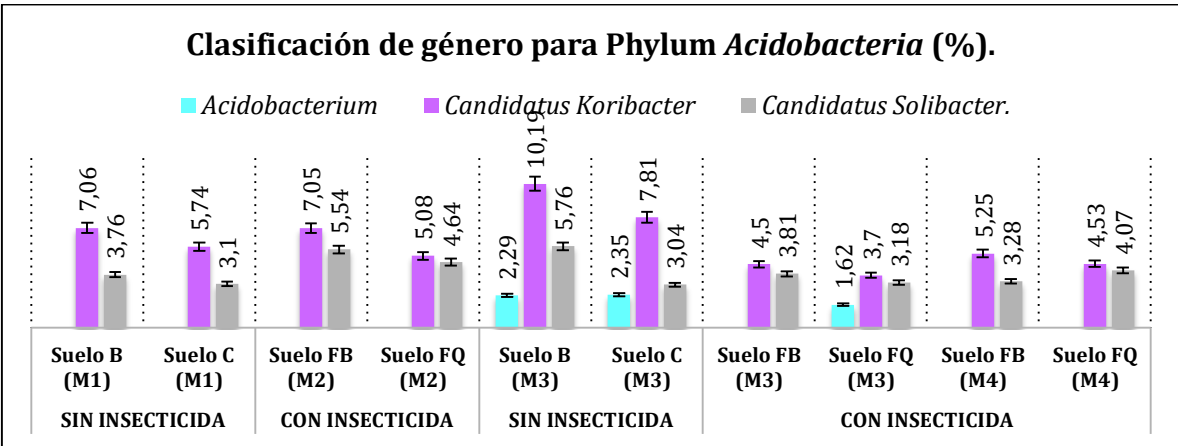


Fuente: Autora.

En Phylum *Planctomycetes* se identificó en todas las muestras analizadas, con porcentajes de distribución entre 4,31 y 7,87. El género *Isosphaera*, asociado a este Phylum, presentó mayor porcentaje en los suelos C y FB (Gráfica 22), donde el cultivo favorece su desarrollo. Para los suelos FQ y FB se observa que esta bacteria se desarrolla mejor en el suelo FB.

En la gráfica 23 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Acidobacteria* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 23. Clasificación de género para Phylum *Acidobacteria*.

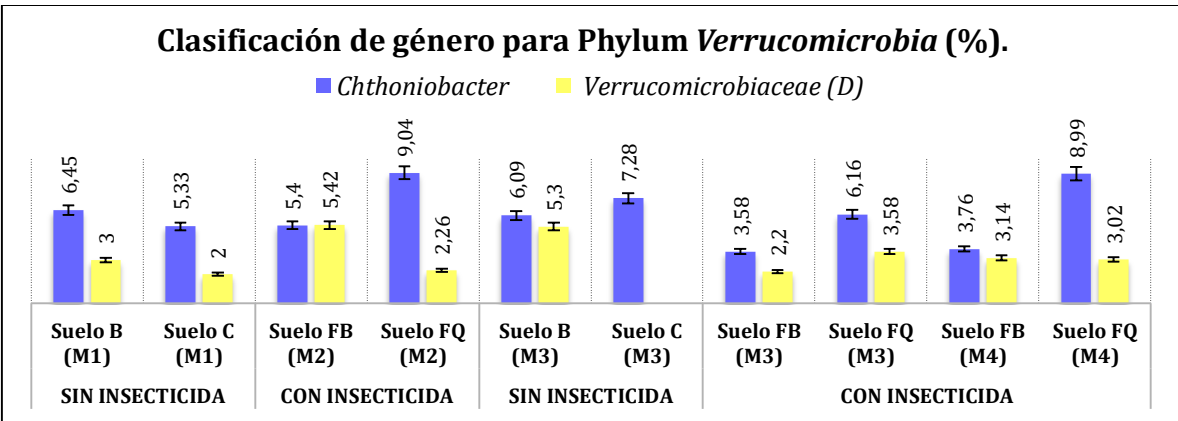


Fuente: Autora.

Se observó el Phylum *Acidobacteria* en todos los suelos durante el tiempo de estudio, con un porcentaje de distribución entre 7,09 y 15,68 (Grafica 20). Se mantiene un mayor porcentaje en el suelo B con respecto al análisis inicial y un mayor porcentaje en el suelo FB después de aplicar los insecticidas. En cuanto a la riqueza de géneros (Gráfica 23), se mantuvieron los grupos *Candidatus Solibacter* y *Candidatus Koribacter* en todas las muestras analizadas, predominando en los suelos B y FB; sin embargo, después de un mes de fumigación se identificó el género *Acidobacterium* en el suelo B, suelo C y suelo FQ. Este género forma parte de la microbiota del suelo, siendo una bacteria heterótrofa aerobia.

En la gráfica 24 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Verrucomicrobia* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 24. Clasificación de género para Phylum *Verrucomicrobia*.

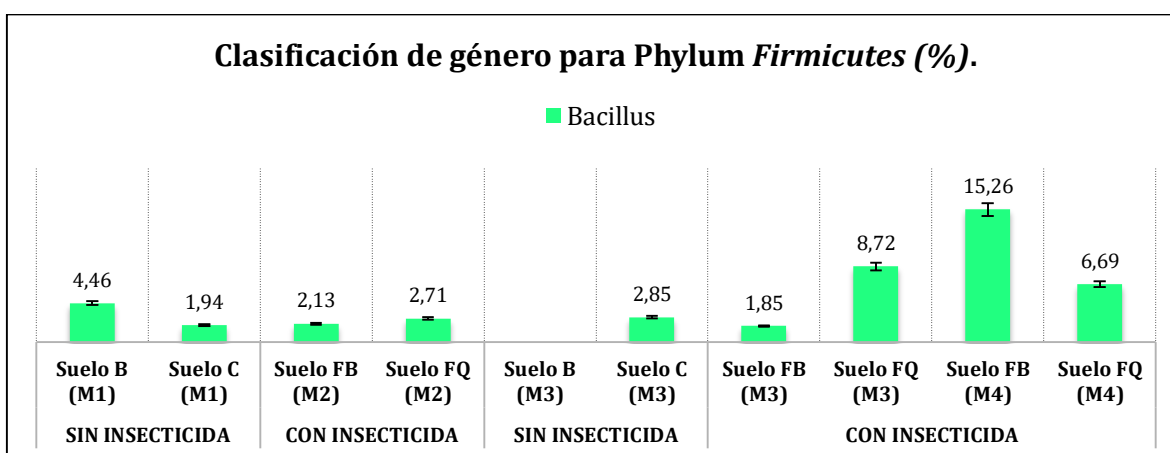


Fuente: Autora.

El Phylum *Verrucomicrobia* se identifica en todas las muestras analizadas con un porcentaje entre 5 y 9,49. Se mantiene un mayor porcentaje en el suelo B, comparado con los resultados iniciales y un mayor porcentaje en el suelo FQ después de la fumigación. La gráfica 24 muestra los géneros identificados en cada análisis, mostrando que la diversidad se mantiene comparada con los análisis iniciales, donde los grupos identificados fueron *Chthoniobacter* con mayor porcentaje en el suelo C y FQ y géneros bacterianos relacionados con la familia *Verrucomicrobiaceae*, con mayor porcentaje en los suelos B y FQ.

En la gráfica 25 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Firmicutes* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 25. Clasificación de género para Phylum *Firmicutes*.



Fuente: Autora.

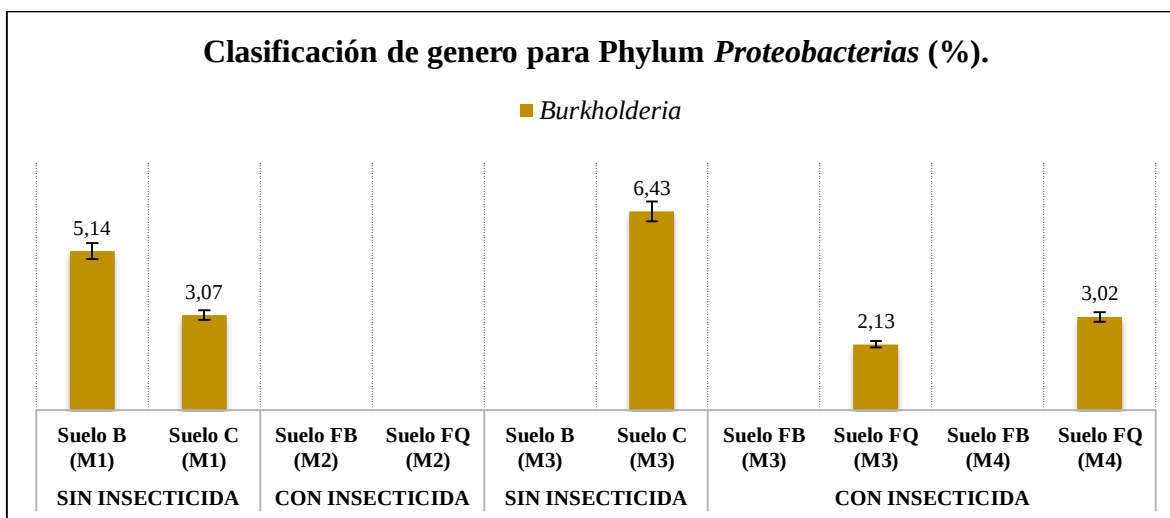
El Phylum *Firmicutes* se observó en todas las muestras analizadas, con un porcentaje de distribución de secuencias entre 4,75% y 16,75% (Grafica 20). En la gráfica 25 se evidenció la presencia del género *Bacillus* en todos los suelos, excepto en el suelo B después del mes de fumigación. En general, los resultados muestran que se mantiene este grupo bacteriano después de la aplicación de los insecticidas.

Para los suelos FB y FQ presentan un aumento a través de tiempo, FB con un valor de 15,26% y FQ con 6,69 %, lo cual se relaciona con el incremento de PO_4 (Grafica 18).

Según Corrales, los biofertilizantes permiten recuperar los suelos en fertilidad y calidad de los cultivos por medio de la solubilización de fosfatos, una de las funciones del género *Bacillus*, lo que evidencia el favorece el incremento de las secuencias en el suelo FB de 2,3% a 15,26% (Corrales et. al., 2014).

En la gráfica 26 se muestra los géneros relacionados con el Phylum *Proteobacteria* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 26. Clasificación de genero para Phylum *Proteobacteria*.

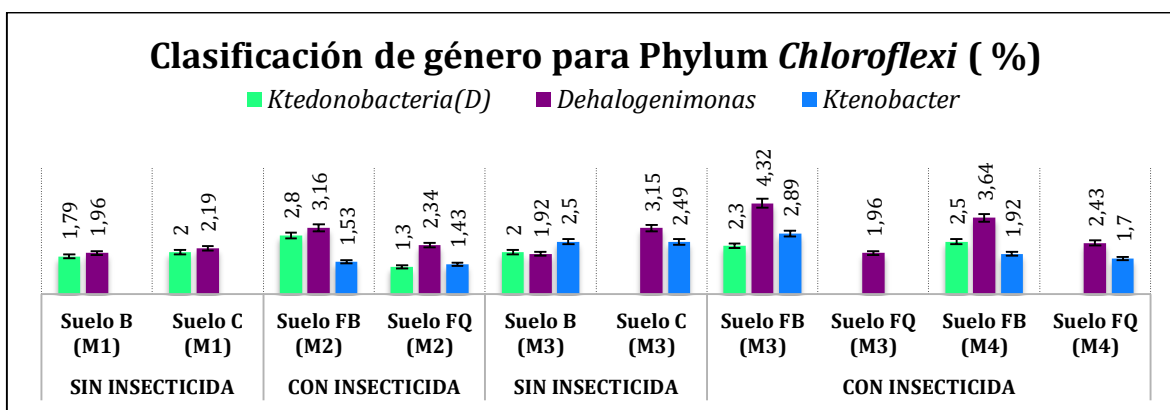


Fuente: Autora.

El Phylum *Proteobacteria* presentó un porcentaje mayor al 2,13% y menor a 6,43% para el género *Burkholderia*. Este género se mantuvo para el suelo C aumentando de 3,07% a 6,43%, y con el tiempo solo se mantuvo para el suelo FQ.

En la gráfica 27 se muestra los géneros relacionados con el phylum *Chloroflexi* en cada uno de los suelos de interés.

Grafica 27. Clasificación de género para Phylum *Chloroflexi*.



Fuente: Autora.

El phylum *Chloroflexi* se presentó en todos los suelos durante el muestreo, pero se encuentra en mayor porcentaje para el género *Dehalogenimonas*, cual favorece la aplicación de insecticidas en comparación con los suelos iniciales, el género *Ktedonobacteria (D)* desaparece del suelo C y del suelo FQ para el muestreo 3 (M3) y aparece un nuevo género a partir de la fumigación llamado *Ktenobacter* que son fijadoras de nitrógeno y que con el tiempo se desarrolla para el suelo B y C los cuales no tienen aplicación de insecticida.

Los siete principales Phylas identificados y sus géneros asociados se hallaron en todas las muestras de suelo analizadas, tanto en los suelos C y B, que no fueron fumigados, como en los suelos FQ y FB, donde se aplicó insecticida químico y biológico respectivamente. Lo anterior indica, que el cultivo de piña (*Ananas sp*) favorece el desarrollo de algunos grupos bacterianos, como *Actinobacteria* (excepto *Streptomyces*), *Planctomycetes* y *Chloroflexi* y a otros no, como son *Acidobacteria*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*. Para el caso el tipo de insecticida aplicado al suelo, no se puede determinar cuál ejerce mayor afectación a la microbiota edáfica, debido a que para algunos grupos bacterianos se ven favorecidos con la aplicación del insecticida químico y para otros con el insecticida biológico. Sin embargo, el proceso de fumigación químico o biológico, no afectó la riqueza bacteriana del suelo, ya que los grupos analizados se mantuvieron en los suelos a través del tiempo.

Con los resultados obtenidos de los análisis de suelo durante el mes de estudio, no se puede observar una tendencia del grado de afectación de los insecticidas sobre las condiciones microbiológicas del suelo, debido a que cada género bacteriano tuvo un comportamiento particular.

5. Conclusiones

Los suelos fumigados con insecticidas aportan cambios significantes en algunas de las propiedades fisicoquímicas con respecto a las condiciones que se reportaron al inicio. Se destaca el cambio de textura de Franco-arcilloso-arenoso a Franco-arenoso del suelo fumigado con insecticida químico, cual se deteriora a través de constantes aplicaciones de Lorsban 4 EC. En contraste la textura de suelo fumigado con bioinsecticida se mantiene la mismas durante el tiempo de experimentación.

Las propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos de interés indican condiciones acidas con bajos valores de pH (4,25 a 4,65) y un nivel de aluminio intercambiable mayor a 1ppm, lo cual señala que se puede ejercer la toxicidad de este ion en el suelo. La textura inicial de estos suelos es Franco-arcilloso-arenoso con la infiltración entre 175,85 y 397,57 cm/h y la densidad aparente de 1,64 g/cc, el cual se ajusta al valor reportado como típico, para este tipo de suelo agrícola. Los bajos valores de carbono orgánico total (0,61% a 0,98%) y de la materia orgánica presente en un rango de 1,7 % a 2,5 %, junto con los bajos valores de nitrógeno total (420 a 476 mg NKT/Kg) señalan la necesidad de una fertilización constante de estos suelos.

A través de análisis de carbono orgánico total en el suelo FQ, cual aumenta su concentración de un valor inicial de 0,98% a 1,16%, se deduce la acumulación de Lorsban 4 EC en este suelo a través de su constante fumigación. Aunque el insecticida biológico, disminuye en este parámetro su comportamiento es (0,96% a 0,74%).

El suelo cultivado con piña y fumigado con insecticida (FQ) disminuye capacidad de intercambio catiónico, lo cual puede generar a largo plazo la deficiencia de elementos esenciales en este suelo, comportamiento que no se evidencia en el suelo FB.

Los microorganismos identificados en las muestras analizadas sugieren una población poco diversa, y constante a lo largo del estudio de los Phylas, eso quiere decir que la aplicación del insecticida químico y/o biológico no incide sobre la presencia o ausencia de las poblaciones señaladas. Los cambios en las características físico químicas del suelo no afectan notoriamente la distribución poblacional a lo largo del estudio. Los Phylum *Actinobacteria*, *Planctomycetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* y *Chloroflexi* son habitantes frecuentes de suelo y sus actividades se asocian a los ciclos biogeoquímicos y degradación de materia orgánica en lo que se presume es una composición

típica de suelo cultivado con *Ananás comosus*.

Para la microbiota descrita en el estudio de los Phylas, no hay variación alguna posterior a la aplicación de los insecticidas a pesar de los cambios señalados en las propiedades físico-químicas del suelo, lo que sugiere que la prevalencia se deriva de las estructuras de resistencia e interacciones ecológicas dadas al interior de las poblaciones microbianas.

Al comparar los cambios en las propiedades microbiológicas de los suelos, después de ser sometido a la fumigación con un insecticida biológico y químico se evidencia que los Phylum permanecieron durante todo el proceso de experimentación, resaltando el porcentaje de distribución para el Phylum *Actinobacteria* y el porcentaje de distribución para el género *Streptomyces*.

El análisis metagenómico demostró que la microbiota encontrada en los suelos de interés corresponde a microorganismos presentes en el suelo y cuyo nicho ecológico se asocia a los procesos de descomposición, reciclaje de nutrientes y formación del suelo, pero no se evidencia la diferencia notoria entre los suelos fumigados con los insecticidas evaluados.

6. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda ajustar el proceso de fertilización buscando la nivelación de exceso de fosforo y deficiencia de nitrógeno presente en el suelo cultivado con la piña de municipio de Lebrija Santander.

Se recomienda realizar una metagenómica funcional, para generar más información sobre su comportamiento de los microorganismos y sus efectos, para aportar al manejo de las condiciones agro ecológicas asociadas al cultivo.

Se recomienda ampliar el estudio a otros a suelos, con cultivos diferentes e involucrar otras disciplinas para tener panorama completo de un cultivo.

Se sugiere para el análisis metagenómico el uso y aplicación de diferentes bases de datos para refinar la identificación de Phylum y géneros.

Evaluar los procesos de metagenomica del suelo en un tiempo mayor a un mes de fumigación para evaluar los cambios en las propiedades microbiológicas.

Se evidencian los cambios fisicoquímicos a corto plazo, pero falta profundizar en el nivel microbiológico para estudiar las variaciones que se presentan en los suelos cultivados con piña en el municipio de Lebrija, Santander y sometidos a la fumigación con insecticida químico y biológico.

7. Bibliografía

- Acevedo, O. (2007). *Aluminio, un indicador de calidad ambiental, en suelos de carga variable*. México: UAEH.edu. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Aluminio%20un%20indicador%20de%20calidad.pdf
- Alcaldía de Lebrija. (2018). Información del Municipio de Lebrija. Noviembre 10, 2018, de municipio de Lebrija ambiente vida y desarrollo.
- Banacol. (2011). Guía de identificación y manejos de plagas y enfermedades en piña.
- Bao, Y.; Xu, Z.; Li, Y.; Yao, Z.; Sun, J.; Song, H. (2017). El análisis metagenómico de alto rendimiento de microbioma del suelo contaminado con petróleo revela la versatilidad en el metabolismo de los aromáticos xenobióticos. *Journal of Environmental Sciences*, (56), pp. 25-35.
- Barranco, J. (2011). Efecto De Los Inhibidores De La Nitrificación Y De Los Productos Derivados De La Menadiona En La Calidad De Los Frutos De La Sandía. Almería: Escuela Politécnica Superior De Almería.
- Biavati, G. & Estrada J. (2016). *El fósforo en la planta y en el suelo*. Bolonia. Kemira Growhow. Recuperado de <http://www.horticom.com/pd/imagenes/55/871/55871.pdf>
- Carbonetto, María Belén. (2014). Diversidad de las comunidades microbianas de los suelos pampeanos. Enfoques ecológicos y metagenómicos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Corrales, L., Arévalo, Z., & Moreno, V.. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *Scielo*, 12, pp. 68-79.
- Cueto, M.; Fuente, N. & Luévanos, M. (2014). Metagenómica: concepto y aplicaciones en el mundo microbiano. México. Cuerpo Académico Ciencias Biológicas Aplicadas Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/301890708_Metagenomica_Concepto_y_Aplicaciones_en_el_Mundo_Microbiano
- Domínguez Soto, Julia María, Román Gutiérrez, Alma Delia, Prieto García, Francisco, & Acevedo Sandoval, Otilio. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155. Recuperado en 21 de enero de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000100010&lng=es&tlng=es.

Duran, A. (2007). *Material resumido de los teóricos sobre composición del suelo dictados*. Montevideo-Uruguay. fca-ude Recuperado de http://www.fca-ude.edu.uy/upload/Materiales/MATERIALES_GEOLOGICOS-0032-0272.pdf

Fawaz, M. (2013). "Revealing the Ecological Role of Gemmatimonadetes Through Cultivation and Molecular Analysis of Agricultural Soils". Master's Thesis, University of Tennessee: vi.

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO). (2013). *Piña: superficie cosechada, producción y rendimiento*. Bogotá. FINAGRO Recuperado de https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/pina_-_anuario_2013_aprobado.pdf

García, FO; LI Picone & A Berardo. (2005). Fósforo. *En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos* (eds. HE Echeverría & FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 99-121.

Gonzales, J. (2014). Efecto del uso y ocupación en las propiedades físicas y químicas en un suelo del piedemonte llanero. Bogotá. Colombia. Universidad Nacional de Colombia Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/46801/1/51627124.2014.pdf>

Gutierrez, C. (2010). Uso De Bioinsecticidas Para El Control De Plagas De Hortalizas En Comunidades Rurales. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable (Ra Ximhai)*, (6), pp. 17-22.

Hanada S. (2014) The Phylum Chloroflexi, the Family Chloroflexaceae, and the Related Phototrophic Families Oscillochloridaceae and Roseiflexaceae. In: Rosenberg E., DeLong E.F., Lory S., Stackebrandt E., Thompson F. (eds) *The Prokaryotes*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Horner-Devine MC, Carney KM, Bohannon BJM. (2004). An ecological perspective on bacterial biodiversity. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 271:113-22.

Inclán, D.; Alvarado, E. & Williams, R. (2007). *Evaluación de cuatro insecticidas naturales para el control de tecla, Strymon megarus (godart) (Lepidoptera: lycaenidae), en el cultivo de piña*. Columbus: Tierra Tropical

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2011). *Propiedades de los Suelos*. Colombia.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2012). *Determinación del Contenido Orgánico en Suelos Mediante Pérdida por Ignición*. Colombia. Minitransporte.

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de

ciencias. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

Janssen PH (2006) Identificación de los taxones bacterianos del suelo dominantes en bibliotecas de 16S rRNA y 16S rRNA genes. *Appl Environ Microbiol* 72: 1719-1728

Kim, Sang-Jin & Kwon, Kae Kyoung. (2010). Bacteroidetes. 10.1007/978-3-540-77587-4_132.

León, T. S. (2000). Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Síntesis de resultados: 1996-2000. programa Conif - Minambiente sobre evaluaciones del impacto ambiental de las plantaciones forestales en Colombia. Santafé de Bogotá. Serie Técnica ISSN: 0121-0300 ed: CONIF v.1 fasc.47 p.5 – 84.

Madigan, MT, Martinko, JM, Dunlap, PV y Clark, DP. 82009). (publicado en febrero de 2008) Brock Biology of Microorganisms, 12ª edición, Pearson Benjamin-Cummings, San Francisco. ISBN 0-13-2232460-1.

Martin Hartmann, Ivano Brunner, Frank Hagedorn, Richard D. Bardgett, Beat Stierli, Claude Herzog, Xiamei Chen, Andreas Zingg, Elisabeth Graf-Pannatier, Andreas Rigling and Beat Frey, A decade of irrigation transforms the soil microbiome of a semi-arid pine forest, *Molecular Ecology*, 26, 4, (1190-1206), (2017).

Martínez, E.; Fuentes, J. & Acevedo E. (2008). Soil organic carbon and soil properties. *Scielo*, (8), pp. 68-96.

Martínez, J. (2013). Producción y descomposición de hojarasca en sistema silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades biológicas y su efecto en el suelo en el valle medio del Río Sinú. Universidad Nacional de Colombia.

Méndez. (2017). *Phylum Firmicutes. Clase Clostridia, Clase Bacilli (II)*. Scribd Recuperado de <https://es.scribd.com/document/341418194/TEMA-10-Phylum-Firmicutes-Clase-Clostridia-Clase-Bacilli-II>.

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial (Minambiente). (2010). Por la cual se emite dictamen técnico ambiental para el producto formulado LORSBAN* 2.5% DP a partir del ingrediente activo grado técnico clorpirifos, dentro del marco del proceso de revaluación. Bogotá. República de Colombia.

Moreno-Barriga, F., Faz, Á., Acosta, J. A, Soriano-Disla, M., Martínez-Martínez, S., y Zornoza, R. (2017). Uso de *Piptatherum miliaceum* para el manejo de fitosanitarios de Technosols modificados con biochar derivados de relaves piríticos para mejorar la agregación del suelo y reducir la movilidad del metal (loid). *Geoderma*, 307, 159-171. doi: 10.1016 / j. geoderma.2017.07.040

Morey M, Fernandez-Marmiesse A, Castineiras D, Fraga JM, Couce ML, Cocho JA. A glimpse into past,

present, and future DNA sequencing. Mol Genet Metab 2013.

Mujica, L (2008).” Estudio del efecto de la nicotina y capsaicina como bioinsecticida, para la disminución progresiva de *Dysmicoccus Brevipes* en cultivos de piña, en la finca bonanza del Municipio de Giron, Santander.Universidad Pontificia Bolivariana- Seccional Bucaramanga

Munera, G.; Meza, D. (2014). *El Fosforo Elemento Indispensable Para La Vida Vegetal*. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el%20fosforo%20elemento.pdf>

N. Fierer, C. L. Lauber, K. S. Ramirez, J. Zaneveld, M. A. Bradford, and R. Knight, “Comparative metagenomic, phylogenetic and physiological analyses of soil microbial communities across nitrogen gradients,” pp. 1–11, 2011.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *El Manejo Del Suelo En La Producción De Hortalizas Con Buenas Prácticas Agrícolas*. Antioquia. FAO Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Permeabilidad del suelo*. FAO Recuperado de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/.!33794!x6706s09.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (01 de febrero del 2018). *Mapa de Abono Orgánico de Suelo*. Italia, Roma. FAO.

Pinzón P. (2010). Edafología. Primera edición. ISBN. 978-958-44-6297-8. Bogotá Colombia.

Sánchez, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas “Conceptos básicos” Fertitec S.A. p19.

Sang-Hoon Lee, Jong-Ok Ka, Jae-Chang Cho; Members of the phylum *Acidobacteria* are dominant and metabolically active in rhizosphere soil, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 285, Issue 2, 1 August 2008, Pages 263–269, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01232.x>

Sangwan P, Kovac S, Davis KER, Sait M, Janssen PH. 2005. Detección y cultivo de *Verrucomicrobia* del suelo. *Apl.Reinar. Microbiol.* 71: 8402 - 8410

Schlesner H., Jenkins C., Staley J.T. (2006) The Phylum Verrucomicrobia: A Phylogenetically Heterogeneous

Bacterial Group. In: Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer KH., Stackebrandt E. (eds) *The Prokaryotes*. Springer, New York, NY.

Solera, J. (2000). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en los suelos por los incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración*. Valencia. RUA Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9988/4/Mataix-Solera-Jorge_3.pdf

Ranjani Anandan, Dhanasekaran Dharumadurai y Gopinath Ponnusamy Manogaran (11 de febrero de 2016). Una introducción a Actinobacteria, Actinobacteria, Dharumadurai Dhanasekaran y Yi Jiang, IntechOpen, DOI: 10.5772 / 62329.

Rios, R. (2005). Estudio de la estimulación biológica para el tratamiento de residuos de perforación petrolera empleando lisímetros. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Casa Abierta al Tiempo. México D.F.

Rocha, G.; Santoyo, Y, Bustillos, R.; Muñoz, J.; Perez & Terron, R.; Muñoz, A.; Contreras, J.; Villegas, M.; Munive, J. (2015). *Los microorganismos del suelo y su importancia biotecnológica en la agricultura y el ambiente*. Mexico. Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/jose-antonio-munive/publication/303381799_los_microorganismos_del_suelo_y_su_importancia_biotecnologica_en_la_agricultura_y_el_ambiente/links/573f40ed08aea45ee844fafb/los-microorganismos-del-suelo-y-su-importancia-biotecnologica-en-la-agricultura-y-el-ambiente.pdf

Ruiz, A. Cambios del suelo y su efecto en el contenido químico de M.O., C/N y C/P, en el ejido “El Conejo”, Perote, Veracruz. Xalapa, 2012. Tesis (ingeniero agrónomo). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas.

United States Department of Agriculture (USDA). (2011-2014). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 4.0 November 2004. Rebecca Burt, Editor.

Thompson, L. (2002). *Los Suelos y su Fertilidad*. Mexico: McGraw-Hill Book Company.

T. P. Caceres, M. Megharaj, and R. Naidu, “Biodegradation of the pesticide fenamiphos by ten different species of green algae and cyanobacteria.” *Curr. Microbiol.*, vol. 57, no. 6, pp. 643–6, Dec. 2008.

Wilson, M. C., & Piel, J. (2013). Metagenomic approaches for exploiting uncultivated bacteria as a resource for novel biosynthetic enzymology. *Chemistry & Biology*, 20(5), 636–647.

Yamada, T., & Sekiguchi, Y. (2009). Cultivation of uncultured chloroflexi subphyla: significance and ecophysiology of formerly uncultured chloroflexi subphylum i'with natural and biotechnological relevance. *Microbes and Environments*, 24(3), 205-216.

Youssef, Noha & Elshahed, Mostafa. (2014). The Phylum Planctomycetes. The Prokaryotes: Other Major Lineages of Bacteria and The Archaea. 759-810. 10.1007/978-3-642-38954-2_155.

Anexos

Anexo A. Procedimiento de Extracción de ADN.

Procedimiento de extracción de ADN.

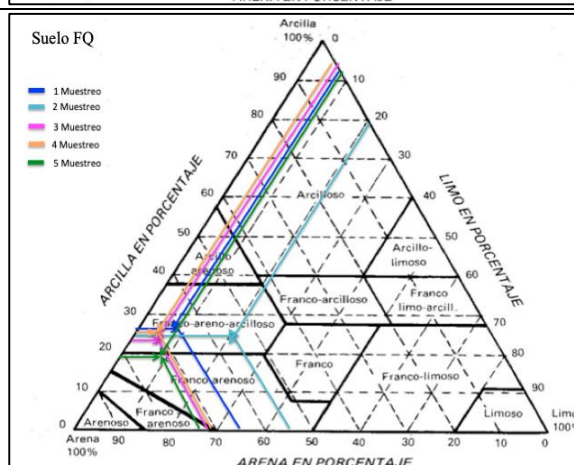
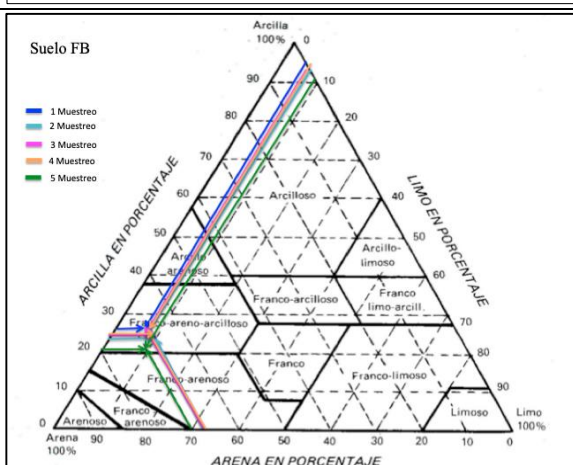
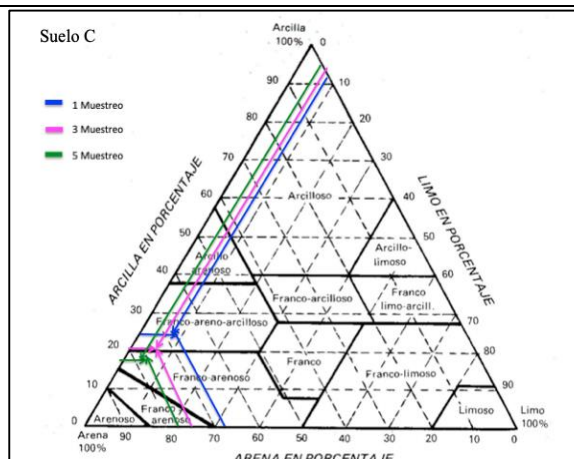
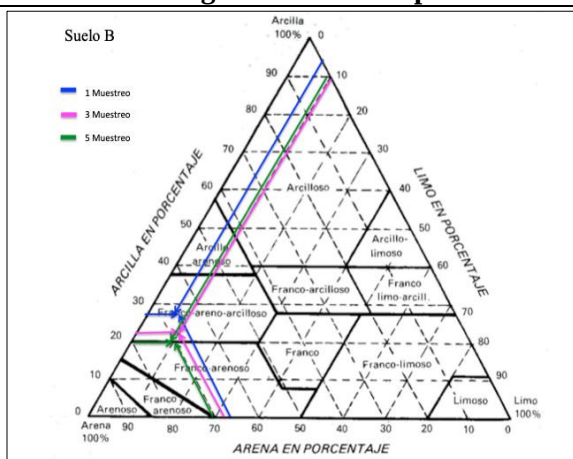
- Tomar una muestra homogénea de cada suelo.
- Conservar cada muestra una temperatura de -85° C, y donde se espera para su extracción de ADN.
- macerar la muestra hasta que este uniforme, se hace junto a un mechero para evitar contaminación.
- Pesar 0,7 g de suelo $\pm 0,1$, cual es el peso optimo para sacar la extracción de cada muestra.
- Adicionar el suelo a un tubo disruptor de 15 ml, cual contiene las perlas de vidrio.
- Agregar 1 ml de SLX-Mlus Buffer
- Llevar al Vórtex durante 10 minutos.
- Agregar 150 μ l de DS-Buffer y agitar por 5 min en el Vortex.
- Incubar a 70°C por 15 min (Cada 5 min se hace Vortex a cada muestra por 5 segundos).
- Centrifugar a 3000 rpm durante 5 min a temperatura ambiente.
- Transferir el sobrenadante.
- Adicionar 270 μ l de P2 Buffer (-20°C)
- Incubar en hielo durante 10 min.
- Centrifugar a 35000 rpm durante 10 min.
- Transferir sobrenadante a un tubo de ependorf.
- Agregar 800 μ l de Isopropanol y dejar en refrigeración a -20 °C durante 1 hora.
- Centrifugar a 35000 gravedades durante 15 a una temperatura de 4°C.
- Descartar sobrenadante.
- Dejar secar el pellet 1 o 2 min.
- Agregar 250 μ l de búfer de elución (Elution Buffer)
- Incubar durante 25 min a 70°C y luego se hace Vortex a los 15 min.
- Agregar 150 μ l de CHTR y hacer Vortex por 5 segundos.
- Secar a temperatura ambiente durante 5 min.
- Centrifugar a 35000 gravedades durante 5 min.
- Transferir sobrenadante (400 μ l).
- Agregar 400 μ l de XP1 Buffer y dejar unos segundos en el Vortex.
- Transferir la solución a las columnas provistas por el kit
- Centrifugar a 35000 gravedades durante 1 min a temperatura ambiente.
- Descartar filtrado.
- Agregar 500 μ l de HBC Buffer.
- Centrifugar a 13500 rpm durante 1 min.
- Descartar filtrado.
- Realizar 2 lavados con etanol: uno con 750 μ l y centrifugar a 35000 gravedades por 1 min y otro con 250 μ l y centrifugar por otro minuto.
- Centrifugar a 35000 rpm durante 2 min para eliminar el etanol.
- Transferir columna.
- Agregar 40 μ l de Buffer elución.
- Dejar a temperatura ambiente durante 2 min.
- Centrifugar a 35000 gravedades por 1 min.
- Incubar a 70°C durante 2 min.
- Centrifugar a 35000 gravedades durante 1 min.
- Conservar el ADN total a una temperatura de -20°C
- Una vez terminado el proceso se verificó el estado de ADN obtenido realizando electroforesis en gel de agarosa al 0,8% (p/v) y se cuantificó por espectrofotometría (OD 260).

Anexo B. Textura de los suelos porcentajes de arena, arcilla y limo para cada suelo.

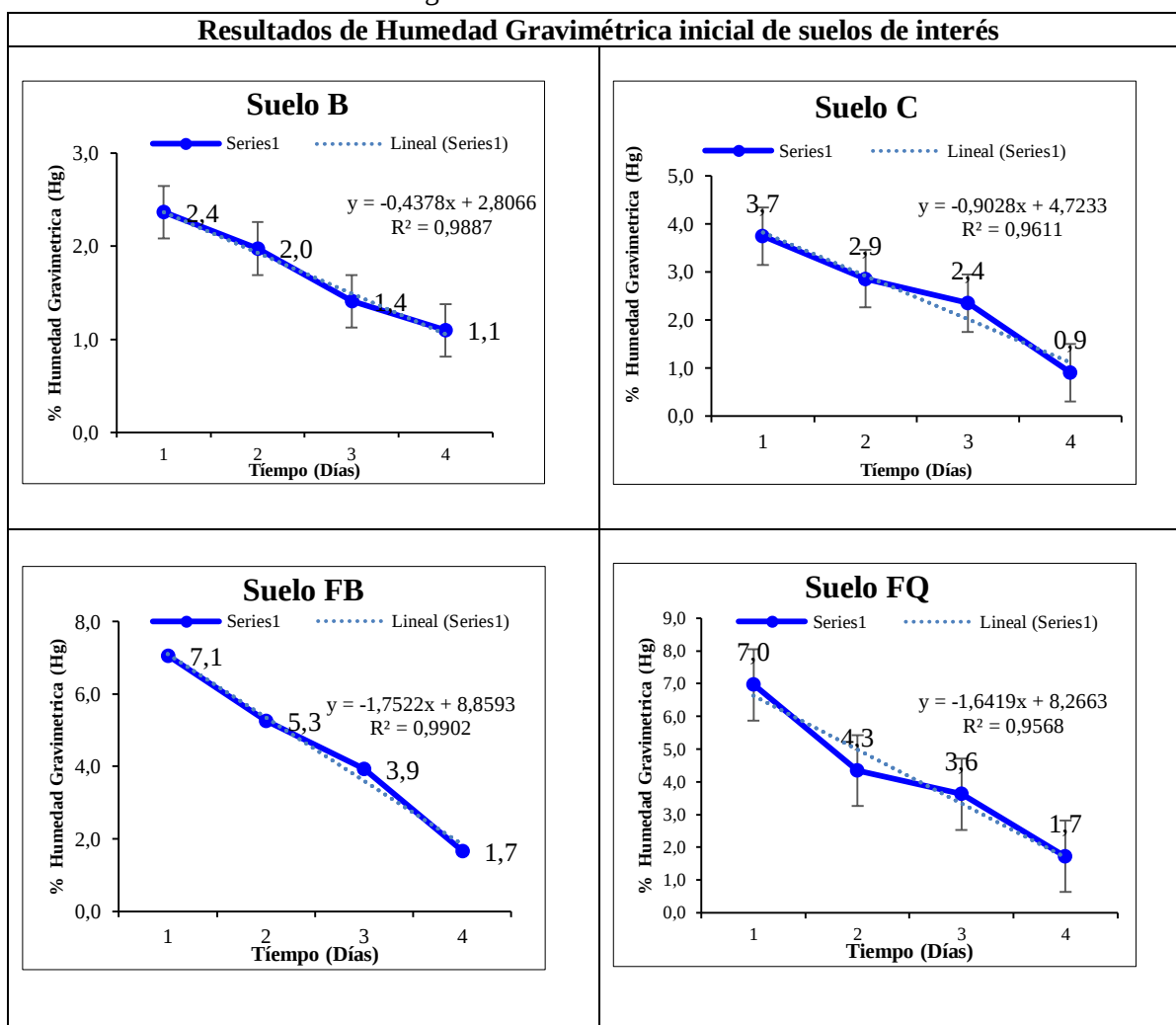
METODO DE BOUYOUCOS				
MUESTRAS		% ARENA	% ARCILLA	% LIMO
Suelo B	Muestreo 1	68,72	26,00	5,28
	Muestreo 3	67,39	22,00	10,61
	Muestreo 5	70,67	20,05	9,28
Suelo C	Muestreo 1	68,72	23,33	7,95
	Muestreo 3	74,00	20,67	5,33
	Muestreo 5	76,67	18,05	5,28
Suelo FB	Muestreo 1	68,25	26,00	5,95
	Muestreo 2	68,72	23,33	7,95
	Muestreo 3	68,72	24,00	7,28
	Muestreo 4	68,05	24,67	7,28
	Muestreo 5	70,00	20,72	9,28
Suelo FQ	Muestreo 1	66,67	25,15	8,19
	Muestreo 2	54,48	24,67	20,85
	Muestreo 3	72,47	21,95	5,59
	Muestreo 4	70,57	24,61	4,81
	Muestreo 5	72,67	18,72	8,61

Fuente: Autora.

Triángulos Texturales para los suelos de interés en los diferentes muestreos



Anexo C. Resultados de humedad gravimétrica inicial de los suelos de interés.



Anexo D. Porcentaje de secuencias analizadas en los suelos de interés.

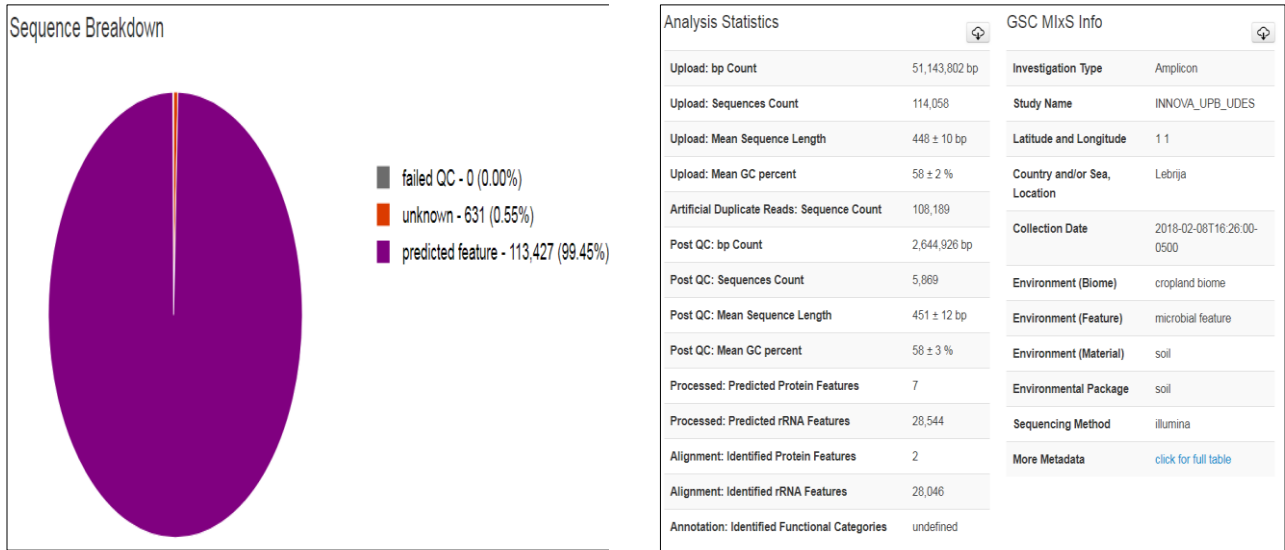
Muestreos		Bacteria (%)	Eukaryota (%)	Secuencias no clasificadas (%)
Suelo B	1M	98,9	1,09	0,01
Suelo C	1M	99,36	0,64	0
Suelo FB	2M	99,8	1,19	0,01
Suelo FQ	2M	99	0,87	0,13
Suelo B	3M	98,68	1,27	0,05
Suelo C	3M	99,04	0,96	0,01
Suelo FB	3M	99,82	1,17	0,01
Suelo FQ	3M	99,03	0,96	0,01
Suelo FB	4M	98,8	1,19	0,01
Suelo FQ	4M	99,22	0,77	0

Fuente: Autora.

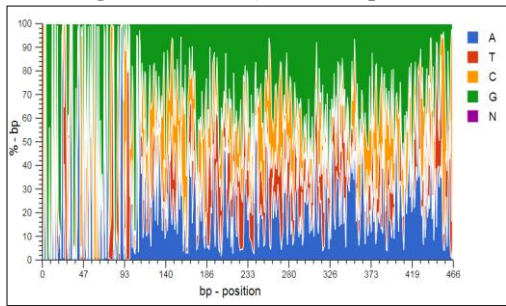
Anexo E. Resultados obtenidos de metagenomica suelo B.

Sampling 1: Soil B

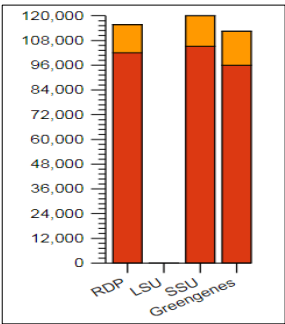
The data set Blanco_ was uploaded on 2018-11-27 at 23:07:18 and contains 114,058 sequences totaling 51,143,802 basepairs with an average length of 448 bps. 0 sequences (0.00%) failed to pass the QC pipeline.



Nucleotide Histogram: This graph shows the fraction of base pairs of each type (A, C, G, T, or ambiguous base N) at each position starting



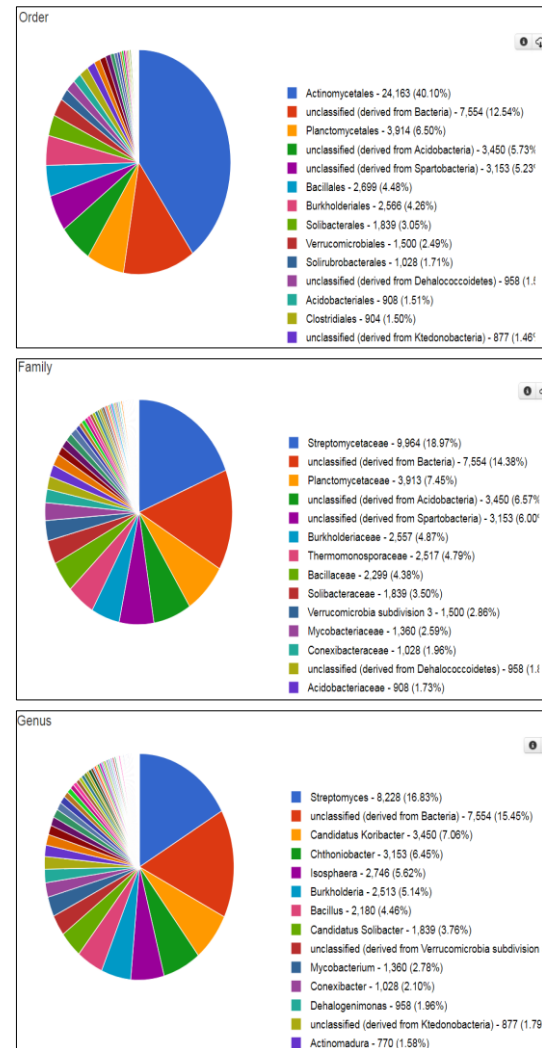
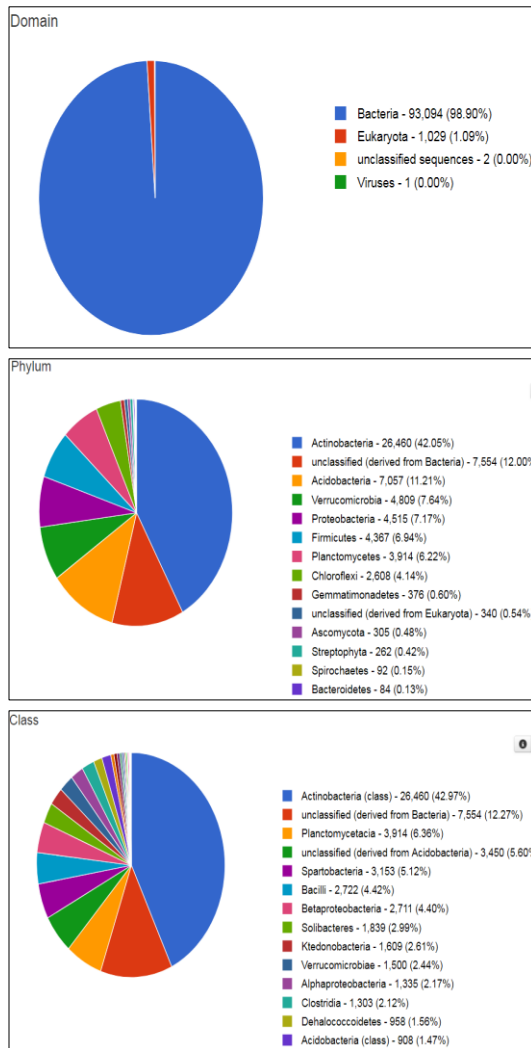
from the beginning of each read. Amplicon data sets should show consensus sequences.



Source Hits Distribution: The graph below displays the number of database hits in the different ribosomal RNA databases. The bars representing annotated reads are colored by e-

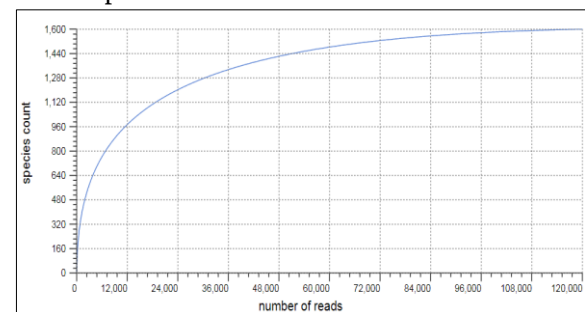
value range. Different databases have different numbers of hits, but can also have different types of annotation data.

Taxonomic Hits Distribution: The charts below represent the distribution of taxa using a contigLCA algorithm finding a single consensus taxonomic entity for all features on each individual sequence.



Rarefaction Curve: The plot below shows the rarefaction curve of annotated species richness. This curve is a plot of the total number of distinct species annotations as a function of the number of sequences sampled. On the left, a steep slope indicates that a large fraction of the species diversity remains to be discovered. If the curve becomes flatter to the right, a reasonable number of individuals is sampled: more intensive sampling is likely to yield only few additional species. Sampling curves generally rise very quickly at first and then level off toward an asymptote as fewer new species are found per unit of individuals collected. These rarefaction curves are calculated from the table of species abundance. The curves represent the average number of

different species annotations for subsamples of the complete data set.

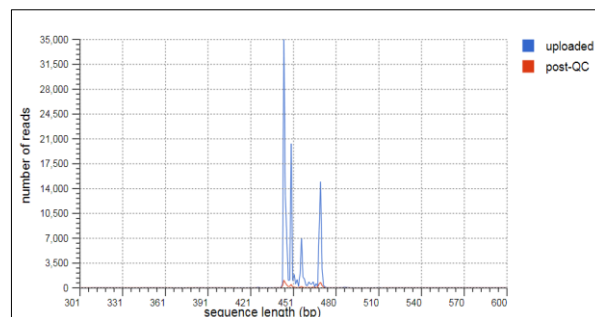


Alpha Diversity: The α -diversity of this data set is 74 species. The above image shows the range of α -diversity values in the study 'INNOVA_UPB_UDES'. The min, max, and mean values are shown, with the standard

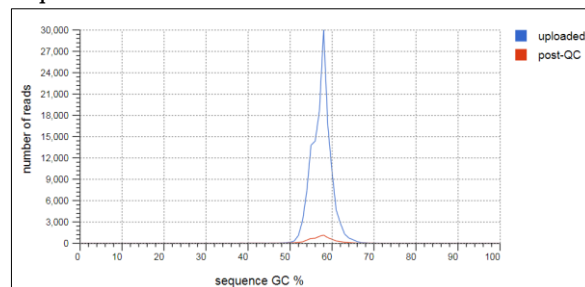
deviation ranges (σ and 2σ) in different shades. The α -diversity of this metagenome is shown in red. Alpha diversity summarizes the diversity of organisms in a sample with a single number. The α -diversity of annotated samples can be estimated from the distribution of the species-level annotations. Annotated species richness is the number of distinct species annotations in the combined MG-RAST data set. Shannon diversity is an abundance-weighted average of the logarithm of the relative abundances of annotated species. The species-level annotations are from all the annotation source databases used by MG-RAST.



Sequence Length Histogram: The histograms below show the distribution of sequence lengths in basepairs for this metagenome. Each position represents the number of sequences within a length bp range. The data used in these graphs is based on raw upload and post-QC sequences.



Sequence GC Distribution: The histograms below show the distribution of the GC percentage for this metagenome. Each position represents the number of sequences within a GC percentage range. The data used in these graphs is based on raw upload and post-QC sequences.



Anexo F. pH de Agua y KCl de los suelos de interés.

pH de Agua de los suelos de interés.						pH de KCl de los suelos de interés.				
Muestreos	M (1)	M (2)	M (3)	M (4)	M (5)	M (1)	M (2)	M (3)	M (4)	M (5)
Suelo B	4,65	-	4,4	-	4,38	3,78	-	3,56	-	3,53
Suelo C	4,25	-	3,96	-	3,78	3,70	-	3,32	-	3,39
Suelo FB	4,41	4,5	4,26	4,45	3,87	3,73	3,73	3,45	3,65	3,51
Suelo FQ	4,5	4,63	4,32	4,35	4,63	3,80	3,80	3,67	3,56	4,03

Fuente: Autora.

Anexo G. ΔpH el suelo de interés.

Muestreos		pH agua	pH KCl	ΔpH	Tipo de Intercambiador
Suelo B	Muestreo 1	4,65	3,78	-0,87	Catiónico
	Muestreo 2	4,4	3,56	-0,84	Catiónico
	Muestreo 3	4,38	3,53	-0,85	Catiónico
Suelo C	Muestreo 1	4,25	3,7	-0,55	Catiónico
	Muestreo 2	3,96	3,32	-0,64	Catiónico
	Muestreo 3	3,78	3,39	-0,39	Catiónico
Suelo FB	Muestreo 1	4,41	3,73	-0,68	Catiónico
	Muestreo 2	4,5	3,73	-0,77	Catiónico
	Muestreo 3	4,26	3,45	-0,81	Catiónico
	Muestreo 4	4,45	3,65	-0,8	Catiónico
	Muestreo 5	3,87	3,51	-0,36	Catiónico
Suelo FQ	Muestreo 1	4,5	3,75	-0,75	Catiónico
	Muestreo 2	4,63	3,8	-0,83	Catiónico
	Muestreo 3	4,32	3,67	-0,65	Catiónico
	Muestreo 4	4,35	3,56	-0,79	Catiónico
	Muestreo 5	4,63	4,03	-0,6	Catiónico

Fuente: Autora.

Anexo H. Textura de los suelos porcentajes de arena, finos y grava para cada suelo de interés.

METODO GRANULOMETRIA				
MUESTRAS		%ARENA	% LIMOS	% GRAVA
Suelo B	Muestreo 1	72,58	26,98	0,44
	Muestreo 3	67,39	39,95	0,00
	Muestreo 5	73,92	38,85	0,05
Suelo C	Muestreo 1	66,69	33,29	0,03
	Muestreo 3	59,89	33,29	0,03
	Muestreo 5	61,11	40,09	0,00
Suelo FB	Muestreo 1	59,42	40,57	0,01
	Muestreo 2	58,92	41,08	0,00
	Muestreo 3	59,14	40,86	0,00
	Muestreo 4	59,51	40,49	0,00
	Muestreo 5	59,07	40,89	0,04
Suelo FQ	Muestreo 1	59,71	40,27	0,01
	Muestreo 2	58,93	41,07	0,01
	Muestreo 3	61,25	38,73	0,01
	Muestreo 4	66,97	30,03	3,00
	Muestreo 5	61,90	38,00	0,10

Fuente: Autora.

Anexo I. Calculo de aluminio de meq/100g a ppm y cálculo de nitrógeno de NTK/Kg a %.

Calculo de Aluminio meq/100g a ppm

- $1 \text{ eq-g Al}^{3+} = \frac{27 \text{ g Al}}{3} = \frac{9 \text{ g}}{\text{eq-g}}$
- $1 \text{ meq.g} = \frac{9 \text{ g/eq-g}}{1000} = \frac{0,009 \text{ g}}{\text{meq-g}}$
- $\left(\frac{3,9 \text{ meq-g}}{100 \text{ g}}\right) * \left(\frac{0,009 \text{ g}}{\text{meq-g}}\right) = \frac{0,0351 \text{ g}}{100 \text{ g suelo}}$

ppm → mg/kg

- $\left(\frac{0,0351 \text{ g}}{100 \text{ g suelo}}\right) * \left(\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}\right) = 35,1 \frac{\text{mg}}{100 \text{ g suelo}}$
- $\frac{35,1 \text{ mg}}{x \text{ ppm}} = \frac{100 \text{ g suelo}}{1000 \text{ g suelo}}$
- $x = 351 \text{ ppm}$

Calculo de Nitrógeno de mg NTK/Kg a %.

420 mg NTK/Kg

- $\frac{0,42 \text{ mg}}{x \%} = \frac{1000 \text{ g suelo}}{100 \text{ g suelo}}$
- $x = 0,042\%$

560 mg NTK/Kg

- $\frac{0,56 \text{ mg}}{x \%} = \frac{1000 \text{ g suelo}}{100 \text{ g suelo}}$
- $x = 0,056\%$

Anexo J. Clasificación taxonómica de la microbiota identificada, presente en el suelo B, C, FB Y FQ.

Clasificación taxonómica de la microbiota identificada, presente en el suelo FB y FQ, después de la primera fumigación.

Muestreo 2: Relación taxonómica de la microbiota presente en el suelo FB.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Thermomonosporaceae	Actinomadura
			Glycomycetaceae	Stackebrandtia
			Streptomycetaceae	Streptomyces
	Rubrobacteria (No se identificó)	Solirubrobacterales	Conexibacteriaceae	Conexibacter
Planctomycetes o Planctobacteria	Planctomycetacia	Planctomycetales	Planctomycetaceae	Isosphaera
Acidobacteria	Acidobacteria	Acidobacterales	Acidobacteriaceae	Candidatus Koribacter
	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivado de Acidobacteria	No se identificó
		Solibacterales	Solibacteriaceae	Candidatus Solibacter.
Verrucomicrobia	Spartobacteria	No clasificadas. Derivada de Spartobacteria	No clasificadas. Derivadas de Spartobacteria	Chthoniobacter
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales	Verrucomicrobia división 3	No clasificado pero derivado de Verrucomicrobia subdivisión 3
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus
	Clostridia	Clostridiales	No se identificó	No se identificó
Proteobacteria	Betaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
	Alphaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Chloroflexi	Ktedonobacteria	Ktedonobacterales	No se identificó	Ktedonobacter
		No clasificadas. Derivadas de Ktedonobacteria..	No clasificada derivada de Ktedonobacteria	No clasificada derivada de Ktedonobacteria
	Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	Dehalogenimonas
Gemmatimonadetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Spirochaetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Bacteroidetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Muestreo 2: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo FQ.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Thermomonosporaceae	Actinomadura
			Streptomycetaceae	Streptomyces
	Rubrobacteria (No se identificó)	Solirubrobacterales	Conexibacteriaceae	Conexibacter
Planctomycetes o Planctobacteria	Planctomycetacia	Planctomycetales	Planctomycetaceae	Isosphaera
Acidobacteria	Acidobacteria			Candidatus Koribacter
	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No se identifico
	Solibacteres	Solibacterales	Solibacteriaceae	Candidatus Solibacter.
Verrucomicrobia	Spartobacteria	No clasificadas. Derivada de Spartobacteria	No clasificadas. Derivadas de Spartobacteria	Chthoniobacter
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales	Verrucomicrobia subdivisión 3	No clasificado pero derivado de Verrucomicrobiaceae
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiales</i>	<i>No se identificó</i>	<i>No se identificó</i>
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>			
	<i>Alphaproteobacteria</i>	<i>Rhizobiales</i>	<i>Bradyrhizobiaceae</i>	<i>No se identificó</i>
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktenonobacteria</i>	<i>Ktedonobacterales</i>	<i>Ktenodobacteraceae</i>	<i>Ktedonobacter</i>
		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktenodobacteria</i>	No clasificada derivada de <i>Ktenodobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Ktenodobacteria</i> .
	<i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	<i>Dehalogenimonas</i>
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Thermotogae</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autor

Tablas de clasificación taxonómica de la microbiota identificada, presente en el Suelo B, Suelo C, Suelo FB y Suelo FQ respectivamente, que corresponde al muestreo realizado un mes después de la primera fumigación de insecticida química y la segunda de insecticida biológico.

Muestreo 3: Relación taxonómica de la microbiota presentes el suelo B.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetales</i>	<i>Thermomonosporaceae</i>	<i>Actinomadura</i>
			<i>Mycobacteriaceae</i>	<i>Mycobacterium</i>
				<i>Streptomyces</i>
	<i>Rubrobacteria</i> (No se identificó)	<i>Solirubrobacterales</i>	<i>Conexibacteriaceae</i>	<i>Conexibacter</i>
<i>Planctomycetes</i> o <i>Planctobacteria</i>	<i>Planctomycetacia</i>	<i>Planctomycetales</i>	<i>Planctomycetaceae</i>	<i>Isosphaera</i>
<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteriales</i>	<i>Acidobacteriaceae</i>	<i>Acidobacterium</i> <i>Candidatus Koribacter</i>
	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	
	<i>Solibacteres</i>	<i>Solibacteriales</i>	<i>Solibacteriaceae</i>	<i>Candidatus Solibacter</i> .
<i>Verrucomicrobia</i>	<i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivada de <i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Spartobacteria</i>	<i>Chthoniobacter</i>
	<i>Verrucomicrobiae</i>	<i>Verrucomicrobiales</i>	<i>Verrucomicrobiaceae</i>	No clasificado pero derivado de <i>Verrucomicrobiaceae</i>
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>No se identificó</i>	<i>Bacillus</i>
	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiales</i>	<i>No se identificó</i>	<i>No se identificó</i>
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó
	<i>Alphaproteobacteria</i>	No identificadas derivadas de <i>Alphaproteobacteria</i>	No identificadas derivadas de <i>Alphaproteobacteria</i>	No identificadas derivadas de <i>Alphaproteobacteria</i>
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktedonobacteria</i>	<i>Ktedonobacterales</i> .	<i>Ktenodobacteraceae</i>	<i>Ktenodobacter</i>
		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria</i>
	<i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	<i>Dehalogenimonas</i>
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Bacteroidetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Muestreo 3: Relación taxonómica de la microbiota en el suelo C.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Thermomonosporaceae	Actinomadura
			Mycobacteriaceae	Mycobacterium
			Streptomyetaceae	Streptomyces
	Rubrobacteria (No se identificó)	Solirubrobacteriale	Conexibacteriaceae	Conexibacter
Planctomycetes o Planctobacteria	Planctomycetacia	Planctomycetales	Planctomycetaceae	Isosphaera
Acidobacteria	Acidobacteria	Acidobacteriales	Acidobacteriaceae	Acidobacterium Candidatus Koribacter
	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	
	Solibacteres	Solibacterales	Solibacteriaceae	Candidatus Solibacter.
Verrucomicrobia	Spartobacteria	No clasificada. Derivada de Spartobacteria	No clasificadas. Derivadas de Spartobacteria	Chthoniobacter
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales		Derivado de Verrucomicrobiaceae
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus
	Clostridia	Clostridiales	No se identificó	No se identificó
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Burkholderia
	Alphaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Chloroflexi	Ktedonobacteria	Ktenobacteriales	Ktedonobacteraceae	Ktedonobacter
	Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	Dehalogenimonas
Gemmatimonadetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Spirochaetes	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Thermotogae	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Muestreo 3: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo FB.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Thermomonosporaceae	Actinomadura
			Mycobacteriaceae	Mycobacterium
			Streptomyetaceae	Streptomyces
	Rubrobacteria (No se identificó)	Solirubrobacteriales	Conexibacteriaceae	Conexibacter
Planctomycetes o Planctobacteria	Planctomycetacia	Planctomycetales	Planctomycetaceae	Isosphaera
Acidobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó	Candidatus Koribacter
	No clasificada. Derivada de Acidobacteria	No clasificadas. Derivadas de Acidobacteria	No clasificadas. Derivado de Acidobacteria	
		Solibacterales	Solibacteriaceae	Candidatus Solibacter.
Verrucomicrobia	Spartobacteria	No clasificadas. Derivada de Spartobacteria	No clasificadas. Derivadas de Spartobacteria	Chthoniobacter
	Verrucomicrobiae	Verrucomicrobiales	Verrucomicrobia división 3	Derivado de Verrucomicrobia subdivisión 3
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus
	Clostridia	Clostridiales	No se identificó	No se identificó
Proteobacteria	Betaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
	Alphaproteobacteria	No se identificó	No se identificó	No se identificó
Chloroflexi	Ktedonobacteria	Ktedonobacteriales	Ktedonobacteriaceae	Ktedonobacter
		No clasificadas. Derivadas de Ktedonobacteria..	No clasificada derivada de Ktedonobacteria	No clasificada derivada de Ktedonobacteria
	Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	No clasificadas. Derivadas de Dehalococcoidetes	Dehalogenimonas

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	<i>Spirochaetes</i>	<i>Spirochaetales</i>	No se identificó	No se identificó
<i>Thermotogae</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Muestreo 3: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo FQ.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetales</i>	<i>Thermomonosporaceae</i>	<i>Actinomadura</i>
			<i>Streptomyetaceae</i>	<i>Streptomyces</i>
	<i>Rubrobacteria</i> (No se identificó)	<i>Solirubrobacteriales</i>	<i>Conexibacteriaceae</i>	<i>Conexibacter</i>
<i>Planctomycetes</i> o <i>Planctobacteria</i>	<i>Planctomycetacia</i>	<i>Planctomycetales</i>	<i>Planctomycetaceae</i>	<i>Isosphaera</i>
<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteriales</i>	<i>Acidobacteriaceae</i>	<i>Candidatus Koribacter</i> <i>Acidobacterium</i>
	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	
	<i>Solibacteres</i>	<i>Solibacteriales</i>	<i>Solibacteriaceae</i>	<i>Candidatus Solibacter.</i>
<i>Verrucomicrobia</i>	<i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivada de <i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Spartobacteria</i>	<i>Chthoniobacter</i>
	<i>Verrucomicrobiae</i>	<i>Verrucomicrobiales</i>	<i>Verrucomicrobia</i> subdivisión 3	Derivado de <i>Verrucomicrobiaceae</i>
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiales</i>	No se identificó	No se identificó
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	<i>Burkholderiales</i>	<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Burkholderia</i>
	<i>Alphaproteobacteria</i>			No se identificó
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktenonobacteria</i>			<i>Ktedonobacter</i>
		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktenobacteria</i>		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria.</i>
	<i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	<i>Dehalogenimonas</i>
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Bacteroidetea</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Las tablas 28 y 29 muestran la clasificación taxonómica de la microbiota identificada, presente en la muestra de Suelo FQ y de Suelo FB respectivamente, que corresponde a la segunda fumigación, un mes después del estudio.

Muestreo 4: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo FB.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetales</i>	<i>Thermomonosporaceae</i>	<i>Actinomadura</i>
			<i>Mycobacteriaceae</i>	<i>Mycobacterium</i>
			<i>Streptomyetaceae</i>	<i>Streptomyces</i>
	<i>Rubrobacteria</i> (No se identificó)	<i>Solirubrobacteriales</i>	<i>Conexibacteriaceae</i>	<i>Conexibacter</i>
<i>Planctomycetes</i> o <i>Planctobacteria</i>	<i>Planctomycetacia</i>	<i>Planctomycetales</i>	<i>Planctomycetaceae</i>	<i>Isosphaera</i>
<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteriales</i>	<i>Acidobacteriaceae</i>	<i>Candidatus Koribacter</i>
	No clasificada. Derivada de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivado de <i>Acidobacteria</i>	No se identificó

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
	<i>Solibacteres</i>	<i>Solibacterales</i>	<i>Solibacteriaceae</i>	<i>Candidatus Solibacter.</i>
<i>Verrucomicrobia</i>	<i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivada de <i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Spartobacteria</i>	<i>Chthoniobacter</i>
	<i>Verrucomicrobiae</i>	<i>Verrucomicrobiales</i>	<i>Verrucomicrobia</i> división 3	No clasificado pero derivado de <i>Verrucomicrobia</i> subdivisión 3
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
	<i>Clostridia</i>	<i>Clostridiales</i>	No se identificó	No se identificó
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>			
	<i>Alphaproteobacteria</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktedonobacteria</i>	<i>Ktedonobacterales</i>	<i>Ktedonobacteriaceae</i>	<i>Ktedonobacter</i>
		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria</i> ..	No clasificada derivada de <i>Ktedonobacteria</i>	No clasificada derivada de <i>Ktedonobacteria</i>
	<i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	<i>Dehalogenimonas</i>
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	<i>Spirochaetes</i>	<i>Spirochaetales</i>	No se identificó	No se identificó
<i>Bacteroidetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Muestreo 4: Relación taxonómica de la microbiota presentes en el suelo FQ.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetales</i>	<i>Thermomonosporaceae</i>	<i>Actinomadura</i>
			<i>Streptomyetaceae</i>	<i>Streptomyces</i>
			No se identificó	<i>Mycobacterium</i>
	<i>Rubrobacteria</i> (No se identificó)	<i>Solirubrobacterales</i>	<i>Conexibacteriaceae</i>	<i>Conexibacter</i>
<i>Planctomycetes</i> o <i>Planctobacteria</i>	<i>Planctomycetacia</i>	<i>Planctomycetales</i>	<i>Planctomycetaceae</i>	<i>Isosphaera</i>
<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacteria</i>	<i>Acidobacterales</i>	<i>Acidobacteriaceae</i>	<i>Candidatus Koribacter</i>
	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Acidobacteria</i>	
	<i>Solibacteres</i>	<i>Solibacterales</i>	<i>Solibacteriaceae</i>	<i>Candidatus Solibacter.</i>
<i>Verrucomicrobia</i>	<i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivada de <i>Spartobacteria</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Spartobacteria</i>	<i>Chthoniobacter</i>
	<i>Verrucomicrobiae</i>	<i>Verrucomicrobiales</i>	<i>Verrucomicrobia</i> subdivisión 3	No clasificado pero derivado de <i>Verrucomicrobiaceae</i>
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
	<i>Clostridia</i>		No se identificó	No se identificó
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	<i>Burkholderiales</i>	<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Burkholderia</i>
	<i>Alphaproteobacteria</i>			No se identificó
<i>Chloroflexi</i>	<i>Ktedonobacteria</i>	<i>Ktedonobacterales</i>	<i>Ktedonobacteraceae</i>	<i>Ktedonobacter</i>
		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktenodobacteria</i>		No clasificadas. Derivadas de <i>Ktedonobacteria</i> .
	<i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	No clasificadas. Derivadas de <i>Dehalococcoidetes</i>	<i>Dehalogenimonas</i>
<i>Gemmatimonadetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Spirochaetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó
<i>Bacteroidetes</i>	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó

Fuente: Autora

Anexo K. Análisis químicos de nitrógeno total, fósforo total y carbono orgánico total.

 Universidad Pontificia Bolivariana Escuela de Ingeniería		FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: I-F-O-070 Versión: 05			
Reporte No: 024-018					
1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.				
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta				
Código:	24				
Tipo de muestra:	SUELO - PRIMER VIAJE				
Lugar de Muestreo:	BLANCO				
Fecha de Muestreo:	2018-02-09 - Hora 5:20 p.m.				
Fecha de Recepción:	2018-04-06				
Fecha de Reporte:	2018-05-02				
2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbono Orgánico Total*	%C	0.72	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fósforo Total	mg PO ₄ /kg	120	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	448	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C
*Parámetros Subcontratados.					
3. OBSERVACIONES					
El muestreo fue realizado por el Cliente.					
Revisó y Aprobó:					
Firma: _____					
Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas					
Tarjeta Profesional: PQ-4230					
Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales					
"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas" "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales". FIN DEL REPORTE					

 Universidad Pontificia Bolivariana Escuela de Ingeniería		FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: I-F-O-070 Versión: 05			
Reporte No: 025-018					
1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.				
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta				
Código:	25				
Tipo de muestra:	SUELO - Primer Viaje				
Lugar de Muestreo:	Control				
Fecha de Muestreo:	2018-02-09 - Hora: 6:19				
Fecha de Recepción:	2018-04-06				
Fecha de Reporte:	2018-05-02				
2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbono Orgánico Total*	%C	0.61	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fósforo Total	mg PO ₄ /kg	104	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	476	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C
*Parámetros Subcontratados.					
3. OBSERVACIONES					
El muestreo fue realizado por el Cliente.					
Revisó y Aprobó:					
Firma: _____					
Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas					
Tarjeta Profesional: PQ-4230					
Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales					
"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas" "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales". FIN DEL REPORTE					

 Universidad Pontificia Bolivariana EDUCACIÓN SUPERIOR Superior Privada	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: 8-F-O-070 Versión: 05
	Reporte No: 026-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	26
Tipo de muestra:	SUELO – Primer Vaje
Lugar de Muestreo:	Sin Insecticida Biológico
Fecha de Muestreo:	2018-02-02 - Hora: 6:13
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.96	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fósforo Total	mg PO ₄ /kg	179	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	420	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Qco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

 Universidad Pontificia Bolivariana EDUCACIÓN SUPERIOR Superior Privada	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: 8-F-O-070 Versión: 05
	Reporte No: 027-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	27
Tipo de muestra:	SUELO – Primer Vaje
Lugar de Muestreo:	Biológico con 1 día de Insecticida
Fecha de Muestreo:	2018-02-10 - Hora: 3:16
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.73	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fósforo Total	mg PO ₄ /kg	140	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	532	5.00	2018-04-16 a 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Qco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: IFQ-070 Versión: 05
	Reporte No: 028-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	28
Tipo de muestra:	SUELO – Primer Viaje
Lugar de Muestreo:	Químico con 1 día de Insecticida
Fecha de Muestreo:	2018-02-09 – Hora: 6:09
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANÁLISIS	METODO
Carbono Orgánico Total*	%C	0.98	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	123	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	448	5.00	2018-04-16 a 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: IFQ-070 Versión: 05
	Reporte No: 029-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	29
Tipo de muestra:	SUELO – Primer Viaje
Lugar de Muestreo:	Químico con 1 día de aplicación
Fecha de Muestreo:	No registra – Hora: 3:12
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-02

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANÁLISIS	METODO
Carbono Orgánico Total*	%C	1.08	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	140	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	532	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

Reporte No: 030-016

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	30
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	BLANCO
Fecha de Muestreo:	2018-03-09 – Hora: 5:34 pm
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANÁLISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.60	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	141	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	504	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

Reporte No: 031-016

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	31
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	CONTROL
Fecha de Muestreo:	2018-03-09 – 5:28 pm
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANÁLISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.72	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	119	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	532	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: IF-O-070 Versión: 05
	Reporte No: 032-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	32
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	BIOLOGICO 1 MES DE APLICACIÓN
Fecha de Muestreo:	2018-03-10 – Hora
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-02

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.74	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄
Fosforo Total	mg P ₂ O ₅ /kg	133	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrogeno Total	mg NTK/kg	560	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco, Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Código: IF-O-070 Versión: 05
	Reporte No: 033-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	33
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	Biológico con 1 mes y 1 día de aplicación
Fecha de Muestreo:	2018-03-10
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS					
VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	0.73	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄
Fosforo Total	mg P ₂ O ₅ /kg	136	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrogeno Total	mg NTK/kg	504	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Oco, Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

Reporte No: 034-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	34
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	Insecticida Químico
Fecha de Muestreo:	2018-03-09
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-02

2. REPORTE DE RESULTADOS

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	1.26	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black, $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	142	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	532	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente.

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Ozo. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE

Reporte No: 035-018

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Cliente:	PROYECTO BI 066-0118-2400.
Dirección:	Km. 7 Vía a Piedecuesta
Código:	35
Tipo de muestra:	SUELO – Segundo Viaje
Lugar de Muestreo:	Químico con 1 mes de aplicación
Fecha de Muestreo:	No registra
Fecha de Recepción:	2018-04-06
Fecha de Reporte:	2018-05-04

2. REPORTE DE RESULTADOS

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE ANALISIS	METODO
Carbón Orgánico Total*	%C	1.16	---	2018-05-04	Colorimétrico, Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$
Fosforo Total	mg PO ₄ /kg	153	0.26	2018-04-18	SM 4500 P B.E
Nitrógeno Total	mg NTK/kg	448	5.00	2018-04-16 - 2018-04-17	SM 4500 Norg B - SM 4500 NH ₃ B, C

*Parámetros Subcontratados.

3. OBSERVACIONES

El muestreo fue realizado por el Cliente

Revisó y Aprobó:

Firma: _____
 Nombre: Ozo. Diego Leonardo Blanco Arenas
 Tarjeta Profesional: PQ-4230
 Coordinador Laboratorio de Estudios Ambientales


Laboratorio acreditado por el IDEAM,
 según resolución No. 1146 de 2016.

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"
 "El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente, solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales".

FIN DEL REPORTE