

Aporte a la evaluación preliminar de la eficiencia de tres bioensayos para la recuperación de suelos degradados por agroquímicos en la finca Las Mercedes municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca.

Miguel Ángel Martínez León

Karen Juliana Páez Silva

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2019

Aporte a la evaluación preliminar de la eficiencia de tres bioensayos para la recuperación de suelos degradados por agroquímicos en la finca Las Mercedes municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca.

Miguel Ángel Martínez León

Karen Juliana Páez Silva

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Directora del proyecto

DIANA MARÍA DELGADO LONDOÑO
Ingeniera Agrónoma M.Sc. PhD

Director del proyecto

MARIO ANDRÉS LÓPEZ ERAZO
Biólogo con énfasis en ecología M.Sc.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2019

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en
Cumplimiento de los requisitos exigidos por
La Universidad de Cundinamarca para
Optar al título de Ingeniero Ambiental.

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A:

Dios, por darnos la oportunidad de vivir y por estar en cada paso dado, por fortalecer e iluminar nuestras mentes para culminar este proyecto de grado y por haber sido la guía fundamental en nuestro camino y ponernos aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo este periodo de estudio.

Nuestros familiares, a nuestros padres Manuel Alfonso Martínez Gonzales, Julio Cesar Páez Montealegre, Celmira León Santos Y María Esperanza Silva, a nuestros hermanos y hermanas y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este proyecto de grado.

“Lo que habéis heredado de vuestros padres, volvedlo a ganar a pulso o no será vuestro”.

Goethe (1749-1832)

AGRADECIMIENTOS

A:

CAR y DLIA, por brindarnos la oportunidad y patrocinio para poder llevar a cabo todo el proceso metodológico con el fin de culminar el proyecto de grado.

Nuestros tutores, a la Ing. Diana María Delgado Londoño, porque desde el inicio nos brindó su gran apoyo, fueron nuestra guía y motivación para la elaboración y culminación de esta tesis; al Biólogo Mario Andrés López Erazo, por compartir su tiempo y dedicarnos sus espacios ayudándonos a nuestro desarrollo profesional.

Al Señor Mauricio Bautista, por darnos entrada libre a la Finca Las Mercedes y permitirnos utilizar el espacio necesario para la ejecución del proyecto de grado.

A la empresa Terra Zar, por su amabilidad y gran gesto de donar dos de los diferentes tipos de compostaje que empleamos para la elaboración de los bioensayos.

Podemos notar que todos ustedes siempre fueron un pilar para esta etapa y fueron también fuente de energía cuando más la necesitamos.

¡Infinitas Gracias!

CONTENIDO

Resumen	14
CAPÍTULO I	15
1. Introducción	15
CAPÍTULO II	17
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo General	17
2.2 Objetivos específicos	17
CAPÍTULO III	18
3. Planteamiento del Problema	18
CAPÍTULO IV	20
4. Justificación	20
CAPÍTULO V	21
5. Glosario	21
CAPÍTULO VI	25
6. Antecedentes	25
CAPITULO VII	34
7. Marco Teórico	34
7.1 Marco referencial	34
7.1.1 Suelos	34
7.1.1.1 Calidad de los suelos	34
7.1.2 Degradación de suelos	36
7.1.2.1 Degradación física	37
7.1.2.1.1 <i>Erosión</i>	37

7.1.2.1.2	<i>Compactación</i>	38
7.1.2.1.3	<i>Desertificación</i>	38
7.1.2.2	Degradación Química	39
7.1.2.2.1	<i>Pérdida de nutrientes</i>	39
7.1.2.2.2	<i>Desbalance de suelo</i>	39
7.1.2.2.3	<i>Cambios de pH (Salinización o acidificación)</i>	40
7.1.2.2.4	<i>Contaminación</i>	41
7.1.3	Abonos orgánicos sólidos	42
7.1.3.1	Compostaje	43
7.1.3.1.1	<i>Beneficios de la utilización del compost</i>	43
7.1.4	Laboratorio CAR y DLIA	45
7.1.4.1	<i>Certificado de acreditación CAR</i>	46
7.1.5	Parámetros analizados del suelo	46
7.1.6	Programa estadístico	47
7.1.6.1	R-Studio	47
7.2	Marco Legal	49
	CAPITULO VIII	52
	8. Metodología	52
8.1	ÁREA DE ESTUDIO	52
8.1.1	Ubicación Del Terreno De Estudio	52
8.1.2	Ubicación Experimental	52
8.2	DIAGNÓSTICO	54
8.2.1	Recopilación y selección de información.	54
8.3	CAMPO	54
8.3.1	Reconocimiento	54

8.4	SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS	55
8.4.1	Bioensayos utilizados	55
8.4.1.1	Tratamiento en blanco	55
8.4.1.2	Bioensayo 1 (Tratamiento 1)	55
8.4.1.3	Bioensayo 2 (Tratamiento 2)	56
8.4.1.4	Bioensayo 3 (Tratamiento 3)	56
8.4.2	Formulación de mezclas	57
8.5	LABORATORIO	58
8.5.1	Diseño experimental.	58
8.5.2	Localización de puntos de muestreo	60
8.5.3	Proceso de Muestreo Parámetros fisicoquímicos:	61
8.5.4	Proceso de Muestreo Parámetros microbiológicas	61
8.5.5	Tamaño de las muestras	61
8.5.6	Toma de muestras	62
8.5.7	Parámetros para evaluar	65
8.5.7.1	Parámetros fisicoquímicos	65
8.5.7.2	Parámetros microbiológicos	66
8.6	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	66
8.6.1	Zona de muestreo inicial	66
8.6.2	Análisis composición enmiendas	67
8.6.3	Análisis de varianza	68
8.6.4	Nivel de confianza	69
	CAPITULO IX	70
9.	Resultados y análisis de resultados	70
9.1	Fisicoquímicos	72

9.2 Microbiológicos	90
10. Conclusiones	93
11. Recomendaciones	95
12. Bibliografía	96
CAPITULO XIII	100
13. Anexos	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa de suelos.	49
Tabla 2. levantamiento de suelos y zonificación de tierras del Municipio de Madrid Cundinamarca.	55
Tabla 3. Composición Tratamiento 1 y 2	55
Tabla 4. Composición Tratamiento 3.....	56
Tabla 5. Cálculo de Formulación de mezclas	57
Tabla 6. Formulación de mezclas	58
Tabla 7. Demarcación de los tratamientos	58
Tabla 8. Tipo y número de muestras.....	59
Tabla 9. Tamaño de las muestras.....	62
Tabla 10. Procedimiento de muestreo para análisis físico, químico o microbiológico.	62
Tabla 11. Número de muestras	65
Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos	65
Tabla 13. Parámetros microbiológicos.....	66
Tabla 14. Análisis preliminar	70
Tabla 15. Resultados microbiológicos	90

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Composición Del Suelo34

Ilustración 2. Suelo Como Soporte De Los Servicios Ecosistémicos35

Ilustración 3. Observación y Evaluación De La Calidad Del Suelo35

Ilustración 4. Causas y consecuencias de la erosión.38

Ilustración 5. Áreas con susceptibilidad a Salinización.40

Ilustración 6. Diagrama del proceso de degradación en compostaje43

Ilustración 7. Descarga Programa R-Studio48

Ilustración 8. Interpolación De Datos En R.....48

Ilustración 9. Pérdidas y desperdicios en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria67

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Sistema De Apilados De Compost44
Imagen 2. Bolsa Gallinaza.....44
Imagen 3. Bolsa Terrazan.....45
Imagen 4. Certificado de acreditación46
Imagen 5. Finca Las Mercedes52
Imagen 6. Localización de puntos de muestreo60

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Área del proyecto53
Mapa 2. Localización de puntos de muestreo.....60

LISTA DE GRÁFICOS

gráfico 1. Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos	68
Gráfico 2. Análisis de Cadmio en el sustrato y en el tejido foliar	72
Gráfico 3. Análisis de Aluminio en el sustrato y en el Tejido foliar	73
Gráfico 4. Análisis de Arsénico en el sustrato y en el Tejido Foliar	74
Gráfico 5. Análisis de Bario en el sustrato y en el Tejido Foliar.....	75
Gráfico 6. Análisis de Boro en el sustrato y en el tejido foliar.....	76
Gráfico 7. Análisis de Cromo en el sustrato y en el tejido foliar.....	77
Gráfico 8. Análisis de Cobre en el sustrato y en el Tejido Foliar.....	78
Gráfico 9. Análisis de Plomo en el sustrato y en el tejido foliar.	78
Grafico 10. Análisis de Magnesio en el sustrato	79
Gráfico 11. Análisis de Mercurio en el sustrato	80
Gráfico 12. Análisis de Molibdeno en el sustrato.....	81
Gráfico 13. Análisis de Níquel en el sustrato	81
Gráfico 14. Análisis de Selenio en el sustrato	82
Gráfico 15. Análisis de Zinc en el sustrato.....	83
Gráfico 16. Análisis de Calcio en el sustrato.....	83
Grafico 17. Análisis de Magnesio en el sustrato	84
Gráfico 18. Análisis de Sodio en el sustrato.....	85
Gráfico 19. Análisis de Potasio en el sustrato	85
Gráfico 20. Análisis de Potasio en el sustrato	86
Gráfico 21. Análisis de humedad en el sustrato	87
Gráfico 22. Análisis de carbono orgánico total (COT) en el sustrato.....	87
Gráfico 23. Relación de sinergia entre elementos	89
Gráfico 24. Resultados promedio Microbiológicos E. Coli	91
Gráfico 25. Resultados promedio Microbiológicos Coliformes totales	91

Resumen

La sobreutilización del suelo por agroquímicos y el mal manejo de este ha resultado ser una problemática en Madrid Cundinamarca, lo que ha generado que gran parte de este pierda sus características físicas y químicas ocasionando la degradación de este. A partir de su experiencia los agricultores han incorporado el uso de enmiendas tanto orgánicas como órganos minerales, que les permiten llevar a cabo el mejoramiento de las características del suelo, la producción, bajos costos en el manejo, sin generar daños al medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto de grado se realizó en la finca las mercedes en el municipio de Madrid Cundinamarca, con el objetivo evaluar tres tratamientos (Gallinaza, Residuos sólidos, Residuos sólidos + residuos de plazas) en un cultivo de fresa, los cuales son comúnmente utilizados en la zona. Estos fueron analizados en un periodo de 3 meses mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar. Se evaluaron las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Encontrándose que el mejor tratamiento fue el de residuos sólidos, el cual, no presenta contenidos altos de metales pesados y la planta no absorbió ni acumulo los metales presentes en el suelo.

CAPÍTULO I

1. Introducción

Las distintas tendencias y formas de explotar el suelo han cambiado a lo largo del tiempo, la degradación de las tierras es un problema que está cobrando cada vez más importancia en la productividad económica mundial y el suelo ha pagado sus consecuencias, siendo afectado por los diferentes procesos de degradación en la que se ha identificado como principales causantes actividades agrícolas y las prácticas inadecuadas. Esto hace que los agricultores se cuestionen acerca de mecanismos que permitan obtener alimentos sanos, de calidad y a su vez mejorar las condiciones del medio ambiente.

En la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en septiembre de 2002, se afirmó que la degradación de las tierras era uno de los principales desafíos del medio ambiente mundial y el desarrollo sostenible en el siglo XXI, por lo que se solicitó a los países miembros adoptar medidas para “...hacer frente a las causas de la desertificación y la degradación de los suelos, con el fin de conservar y recuperar las tierras y luchar por la pobreza resultante de estos procesos”. En Colombia a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se planteó el programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos que permiten identificar y evaluar los procesos actuales, a su vez formula políticas y acciones para frenar y recuperar los suelos degradados. (IDEAM, U.D.C.A. 2015)

Según FAO (2012), en su manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el productor hortofrutícola, se establece que estas son un conjunto de principios, normas, recomendaciones y técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a cuidar la salud humana, proteger al medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia. El no emplear las BPA ocasiona diferentes problemáticas para el agricultor; como alimentos en mal estado y/o contaminados, enfermedades en la salud humana, menor ingreso económico y baja productividad de los suelos, ya que se debe producir gran cantidad de suministros procedentes del suelo y a su vez satisfacer las diferentes necesidades de la población que cada día va en aumento, ocasionando que el suelo pierda sus características naturales como nutrientes, material orgánico y parte de su estructura llevando a la expansión de fronteras agrícolas.

Casanova (1991). Menciona que la disparidad de valores del contenido de nutrientes en el suelo se puede relacionar con las condiciones naturales, como el relieve, el tipo de material parental y por las actividades propias de la agricultura, como el empleo de fertilizantes, de pesticidas, de especies vegetales, del manejo de residuos y, por lo general, los campesinos tratan de compensar las pérdidas de nutrientes con fertilizantes. A su vez la fertilización de los cultivos produce un aumento en el nivel de materia orgánica y esta incrementa la habilidad del suelo para resistir todas las formas de degradación y, especialmente, la erosión, debido a diversos efectos como el mantenimiento de una condición estructural que permite la circulación de agua y gases al tiempo que retiene una cantidad considerable. (García, O. 2008)

Actualmente se evidencia en el municipio de Madrid Cundinamarca un crecimiento en la población, lo cual genera demanda de alimentos y al mismo tiempo los agricultores en la zona buscan satisfacerla, explotando así al máximo los recursos naturales y aumentando la degradación del suelo del municipio. Lo que ha ocasionado impactos sobre la región, las cuales se han centrado en la disminución de calidad de los productos y el aumento de los desechos producidos en los hogares sin tener ningún proceso de reciclaje, su disposición final es el botadero de basura más cercano (Mondoñedo), las declaraciones anteriormente nombradas no están documentadas, son afirmaciones constantes expresadas formalmente por los habitantes del municipio.

El siguiente trabajo se realiza con el fin de conocer qué tipo de enmienda orgánica resultará más viable para recuperar los suelos en la finca las Mercedes, así mismo evidenciar como la enmienda contribuye con la recuperación y el uso sostenible de la tierra. además, evidenciar si al emplearlo en sus cantidades y condiciones adecuadas contribuyen a la movilidad de los metales.

CAPÍTULO II

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia de tres bioensayos para la recuperación del suelo, en el monocultivo de fresa (*Fragaria vesca*, *rosacea*) en la finca las Mercedes, municipio de Madrid, Cundinamarca.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas del suelo con manejos agrícolas dedicados al monocultivo, en la finca las Mercedes.
- Comparar los tres diferentes tipos de enmiendas por medio de bioensayos para la recuperación del suelo.
- Seleccionar la mejor alternativa de manejo de suelos degradados en la finca las Mercedes.

CAPÍTULO III

3. Planteamiento del Problema

Para Lichtinger et al. (2000) la degradación del suelo es un tema crítico cuando se considera la seguridad alimentaria, la importancia que tiene la evaluación de la degradación del suelo radica en que algunos aspectos de esta son reversibles a largo plazo, como la declinación de materia orgánica, o son irreversibles, como la erosión. Esencialmente los tomadores de decisiones de los sectores agropecuarios, forestales y ambientales requieren balancear tres aspectos de la calidad del suelo, que son la fertilidad, la conservación de la calidad ambiental y la protección de la vida silvestre. El insuficiente diagnóstico, proveniente de las determinaciones analíticas del suelo, conlleva a errores en la selección y uso de agroquímicos, lo cual a su vez se traduce en problemas de nitrificación y eutrofización. Según Holtz, U (2003). Dice que la degradación a nivel mundial no es un proceso repentino, sino gradual. “Aunque suele darse, por supuesto que la humanidad debe proteger la capa de ozono y la diversidad biológica, no se tiene una conciencia clara de hasta qué punto es importante impedir la degradación y la erosión de la tierra. Sin embargo, la capa superficial del suelo es también un bien medioambiental, y uno de los prerrequisitos de nuestra supervivencia común”.

En Madrid Cundinamarca se evidencia la falta de una cultura de producción sostenible por parte de los agricultores, a pesar de que el problema de degradación de suelos por uso agrícola se ha abordado desde unas décadas atrás, aún se ven en la mayoría de las fincas productoras, prácticas agrícolas inadecuadas y con ello es evidente la degradación del suelo y la pérdida de diversidad en la zona. Según Altieri, A & Nicholls, I. (2009), esto se debe a que el incremento en la degradación tiende a anular los efectos de la diversidad sobre la reducción en los riesgos de producción.

También se evidencia que en el Municipio no se encuentra información documentada sobre el estado agrícola actual y sus efectos en el suelo, por ello se requiere realizar dichos estudios con el fin de dejar una guía base y soportar con evidencias como la enmienda contribuye a la disminución de los metales encontrados en el suelo, en el monocultivo de fresa de la finca las Mercedes.

¿Cuál es el bioensayo que mayor eficiencia presenta para la recuperación de suelos degradados por agroquímicos en la finca Las Mercedes municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca?

CAPÍTULO IV

4. Justificación

La degradación de suelos y tierras es el resultado de uno o más procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad afectando las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, lo cual afectan los bienes y servicios ecosistémicos. Entre los procesos de degradación que afectan los suelos en Colombia se deben señalar la erosión, la desertificación, la salinización, la compactación y la pérdida de la materia orgánica, principalmente. (IDEAM.2012).

Esta problemática ha escalado a niveles mundiales, por esta razón, dentro de los objetivos planteados por la Organización de Naciones Unidas, se establece el objetivo de desarrollo sostenible del programa, el cual hace referencia a la vida de ecosistemas terrestres. Según el PNUD, (2018). La actual degradación del suelo no tiene precedentes y la pérdida de tierras cultivables cada vez es menor debido a su mal uso, por lo cual se busca establecer los objetivos de desarrollo sostenible para lograr conservar y recuperar los suelos afectados, el cual establece que la vida humana depende de la tierra para su sustentación y subsistencia.

En el municipio de Madrid Cundinamarca, puntualmente en algunas fincas productoras no aplican sistemas de conservación y recuperación de suelos, haciendo caso omiso, al objetivo planteado por la ONU. Debido al mal uso del suelo y las prácticas agrícolas inadecuadas que se están llevando a cabo en las fincas, no se aplican sistemas de producción articulados con la conservación de los suelos generando degradación de los mismos, principalmente por salinización, de allí nace la necesidad de estudiar cuales son las causas de la degradación del suelo y de esta manera contribuir al control y mitigación del impacto ambiental por medio de las BPA beneficiando así, el sector agrícola y su producción.

El presente proyecto aporta los estudios realizados en recuperación de suelos con tratamientos orgánicos, con el fin de verificar la contribución al suelo y a la planta sin asistencia de productos de síntesis química, reduciendo el impacto ambiental al agua por escorrentía, al aire por aspersión y las alteraciones al suelo por el uso directo, además de los problemas a la salud por toxicocinética y toxicodinámica de las sustancias.

CAPÍTULO V

5. Glosario

A continuación, se presenta el vocabulario básico de términos empleados en el proyecto, con el cual debe familiarizarse cualquier persona interesada o relacionada en el mismo.

Abono Orgánico Compost: El compost a diferencia de los fertilizantes químicos, agrega materia orgánica y no lixivian sus minerales si las plantas no los utilizan de inmediato. Recicla los desperdicios del huerto, las hojas y los desechos de la cocina, transformándolos en alimento para el suelo. Mejora la estructura del suelo, haciéndolo más fácil de trabajar. Incrementa su capacidad para retener la humedad y el aire Reduce la posibilidad de erosión. Finalmente, las semillas germinan más rápidamente en un suelo con compost. (FAO, 2015)

Absorción: Retención de una sustancia, generalmente en forma de líquido o gas, entre las moléculas de otra (absorbente). (Merino, 2003)

Adsorción: Adherencia de las moléculas de un gas, iones, o moléculas en solución a la superficie de un sólido. (Merino, 2003)

Arcillas: Granos de suelo que tienen un diámetro medio inferior a las 2mm. Un suelo formado una mayor parte de sus partículas con tamaño inferior a este diámetro se dice que está formado por minerales arcillosos. (Pérez Gracia, 2001)

Arcilloso: Material en cuya composición predominan las arcillas. (Merino, 2003)

Arenas: Partículas de suelo con diámetro medio comprendido entre los 0.06 mm y los 2 mm (Pérez Gracia, 2001)

Capacidad de cambio iónico: En el suelo existen materiales, fundamentalmente las arcillas y la materia orgánica, que tienen la propiedad de acumular cationes de forma reversible en su superficie liberando a cambio otros cationes, por lo general Calcio o Magnesio. Esta propiedad recibe el nombre de Capacidad de Cambio y expresa químicamente el número de moles de iones adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación masa/solución dada (un mol de carga adsorbida equivale a $6,02 \cdot 10^{23}$ cargas de iones adsorbidos). En el Sistema Internacional la capacidad de cambio se expresa como centimoles por kilogramo, cmol kg^{-1} . La capacidad de cambio es una propiedad fundamental del suelo, de ella dependen muchas de sus propiedades como agente depurador. (Merino, 2003)

Carbono Orgánico Total (COT): engloba la suma de todos los compuestos orgánicos presentes en la muestra, y como parámetro sumatorio aporta una medida fácil, rápida y precisa, de su nivel. En función de las condiciones externas, una mayor concentración de compuestos orgánicos puede facilitar el crecimiento microbiano, afectar el funcionamiento de otros equipos y favorecer la formación de otros subproductos no deseados e incluso tóxicos. (Worldwatch Institute, 2005)

Coliforme: Bacterias Gram negativas de morfología bacilar, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35° o 37° C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44° o 44. 5° C se denominan coliformes fecales. (Merino, 2003)

Compactación del suelo: La compactación produce la destrucción de los espacios porosos, por lo que disminuye la aireación del suelo. Esta se produce por el paso de tractores, camiones, personas y ganado. Sin embargo, son causas comunes de este fenómeno, la utilización exagerada de agroquímicos y una pobre irrigación. Cuando un suelo está sano, los procesos naturales suministran una buena aireación; principalmente mediante la acción perforadora de las lombrices de tierra, que taladran túneles en el suelo. (Worldwatch Institute, 2005)

Contaminante: Materiales, sustancias o energía que al incorporarse y/o actuar sobre el ambiente degradan su calidad original a niveles no propios para la salud y el bienestar humano, poniendo en peligro los ecosistemas naturales. (CAR, 2018)

Contenido de humedad: Mide el contenido de humedad en un tejido o en el suelo. Se calcula en términos porcentuales mediante la siguiente expresión: $\text{Peso fresco} - \text{Peso seco} / \text{Peso seco} \times 100$. (Worldwatch Institute, 2005)

Cuartiles: Los cuartiles son valores que dividen una muestra de datos en cuatro partes iguales. Utilizando cuartiles puede evaluar rápidamente la dispersión y la tendencia central de un conjunto de datos, que son los pasos iniciales importantes para comprender sus datos. (Inc, 2019)

Degradación del suelo: se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. (FAO, 2019)

Diagrama de caja: Los diagramas de caja le permiten visualizar y comparar la distribución y la tendencia central de valores numéricos mediante sus cuartiles. Los cuartiles son una forma de dividir valores numéricos en cuatro grupos iguales basados en cinco valores clave: mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil y máximo. (Pro, 2018)

DLIA: La dirección de laboratorios e innovación ambiental de la corporación autónoma regional de Cundinamarca CAR cuenta con experiencia certificada que cumple con los criterios de la toma, preservación de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las matrices ambientales de agua, aire y suelo (CAR, 2018)

Ecosistema: Sistema natural resultante de la reunión de elementos de mutua interacción, compuesto por organismos vivos y el ambiente físico en que se desarrollan. (CAR, 2018)

Erosión: Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra, dejándola sin capacidad para sustentar la vida. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y está favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna). (Worldwatch Institute, 2005)

Impacto Ambiental: Cualquier alteración en el medio físico, químico, biológico, cultural y socioeconómico que pueda ser atribuido a actividades humanas relacionadas con las necesidades del proyecto (CAR, 2018)

Limo: partículas de suelo con diámetro medio comprendido entre los 0.06 mm y los 0.002 mm (Pérez Gracia, 2001)

Ordenamiento territorial: Tiene por objeto establecer las condiciones de uso y ocupación del territorio y de sus componentes, de manera que dicho uso se realice de acuerdo con las características ecológicas, económicas, culturales y sociales de estos espacios, teniendo en cuenta la fragilidad, vulnerabilidad y endemismo de los ecosistemas y las especies, así como la erosión genética, con el fin de obtener el máximo aprovechamiento sin comprometer su calidad y sostenibilidad. (CAR, 2018)

pH: Los suelos pueden tener una reacción ácida o alcalina, y algunas veces neutral. La medida de la reacción química del suelo se expresa mediante su valor de pH. El valor de pH oscila de 0 a 14, y el pH = 7 es el que indica que el suelo tiene una reacción neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores a 7 alcalinidad. Mientras más distante esté la medida del punto neutro, mayor será la acidez o la alcalinidad (FAO, 2018)

Recursos naturales: Elementos de la naturaleza que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades. Son el agua, el suelo, la flora, la fauna y el aire. (CAR, 2018)

Suelo: está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de

temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. (FAO, 1996)

Textura del suelo: se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. (FAO, 2018)

Vegetación: Es el manto vegetal de un territorio dado. (CAR, 2018)

CAPÍTULO VI

6. Antecedentes

6.1 Estudios internacionales

En el año 2017, en el municipio de Macuspana, Tabasco – México, se desarrolló una investigación para evaluar el impacto del uso de composta (elaborada a partir de recortes de jardinería) sobre el mejoramiento de la fertilidad química y física de un suelo Luvisol de ladera de uso agrícola, en condiciones de trópico húmedo. Se evaluaron cuatro dosis de composta (0, 20, 40, 60 Mg ha⁻¹) y se estableció un experimento en bloques al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental consistió en una parcela de 5*5 m. La composta se incorporó a través de labranza manual (con pala y azadón) a 30 cm de profundidad “cuidando que el suelo quedará mullido para facilitar la incorporación y mezcla del suelo con el material orgánico” (Baldemar Hernández de la Cruz, Sanchez Hernández, Ordaz Chaparro, López Noverola, Estrada Botello, & Pérez Méndez, 2017). Después de 11 meses desde el aporte de la composta, se colectaron muestras compuestas a profundidad 0-30 cm para posteriormente ser analizadas.

“A pesar de que los efectos benéficos del uso de enmiendas orgánicas se han documentado ampliamente, el efecto del abonamiento orgánico no se puede generalizar, ya que la respuesta y durabilidad de los cambios que ocurren dependen de las características edáficas” (Baldemar Hernández de la Cruz, Sanchez Hernández, Ordaz Chaparro, López Noverola, Estrada Botello, & Pérez Méndez, 2017)

En el 2015 se publicó un trabajo donde se evaluaron las zanjas trincheras como práctica de conservación de suelos en 28 sitios distribuidos en 7 estados en México, mediante la caracterización del medio físico, la descripción y análisis de suelos, así como entrevistas a los dueños de la tierra. El trabajo se desarrolló en varias fases: Campo, Laboratorio, Análisis de varianza, comparación de medias, estadística descriptiva.

“Se pudo concluir que estas zanjas no mejoran la calidad de los suelos, por ende, no lo conservan. Su implementación debe hacerse de manera acotada y puntual en ambientes áridos y semiáridos, con suelos superficiales, erosionados, con muy poca materia orgánica. Utilizarla sin consideración de las características ambientales y sociales conlleva, a una degradación de la calidad de los suelos, que es justamente lo que se quiere revertir” (Cotler, Cram, Martínez Trinidad, & Bunge, 2015)

En la depresión del Valle de Quíbor, localizada en el municipio Jiménez en el Estado Lara en Venezuela, se llevó a cabo una investigación, publicada en el año 2014, con el propósito de identificar variaciones en el comportamiento de algunas propiedades edáficas al comparar muestras del suelo con y sin costras constituidas por líquenes, briofitas y cianobacterias. Esta se desarrolló en tres fases: Campo, Laboratorio y análisis estadístico.

“En el caso del área en estudio es importante, si se considera que, en las regiones áridas y semiáridas, el aporte de materia orgánica al suelo siempre será reducida, y cualquier aporte por mínimo que parezca, resulta fundamental para mejorar la calidad de este” (Nuñez Ravelo, 2014). Así entonces, Casanova (como se citó en (Nuñez Ravelo, 2014) los residuos vegetales y de microorganismos contribuyen al mejoramiento de la estabilidad de los agregados, reduciendo la susceptibilidad de erosión, aumenta la Capacidad de intercambio catiónico, y la mineralización de la MO libera en el suelo cantidades apreciables de nitrógeno, azufre, fósforo y algunos micronutrientes esenciales para el crecimiento de la vegetación y producción de los cultivos.

Hacia el 2013, en México se analizaron los efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo después de aplicar compost cachaza y vinaza y se buscó determinar las ventajas y desventajas del uso de estos dos subproductos en el cultivo de caña de azúcar. La aplicación de esta enmienda al suelo “tiene efectos positivos en su calidad principalmente en la estructura, infiltración y retención de agua. Estimula la formación de agregados, el reciclaje de N, P, K, Ca, Mg, el desarrollo radical y la actividad microbiológica” (Quiroz Guerrero & Pérez Vásquez, 2013)

En Berkeley CA – USA, hacia el año 2012 se llevó a cabo un estudio sobre agroecología alrededor del mundo, donde se resalta:

“como una ciencia aplicada, la agroecología usa principios ecológicos para optimizar los sistemas campesinos y para desarrollar agroecosistemas sustentables nuevos, donde los insumos externos son reemplazados por procesos naturales como la fertilidad del suelo y el control biológico. El sur global tiene el potencial para producir suficiente alimento per cápita para sustentar a la población actual y potencialmente una población más grande, pero sobre la misma base de tierra arable, con menos petróleo y en medio de un clima cambiante”. (Altieri & Nicholls, 2012)

Se destacan los principios agroecológicos para mejorar las condiciones de los sistemas agrícolas entre los que se tiene:

“Aumentar el reciclaje de biomasa, con miras a optimizar la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes a través del tiempo y Proveer las condiciones de suelo más favorables para el crecimiento vegetal, en particular mediante el manejo de la materia orgánica y el mejoramiento de la actividad biológica del suelo”. (Altieri & Nicholls, 2012)

Además de exponer conceptos que sustentan el potencial de la agroecología como el camino efectivo a la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica, se muestran diferentes casos que evidencian cómo la aplicación de esta “ciencia” contribuye al desarrollo sostenible de las sociedades. Altieri & Nicholls (2012) afirman: “No hay duda de que la humanidad necesita un paradigma alternativo de desarrollo agrícola, uno que fomente una agricultura biodiversa, resiliente, sostenible y socialmente justa” (p 65).

También en el 2012, en México se publica un estudio hecho en la ciudad de Chihuahua, donde se evaluó la aplicación de composta y lombricomposta obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno lechero después de un periodo de almacenamiento, en la asimilación de nutrientes por el cultivo de lechuga y además buscó cuantificar los cambios en las características fisicoquímicas del suelo para reducir el uso de fertilizantes químicos y mejorar sus características. Esto se realizó mediante el establecimiento de 6 tratamientos (T): fertilización con lombricomposta, composta, urea, urea + lombricomposta, urea + composta y el testigo (Olivares-Campos, Hernández-Rodríguez, Vences-Contreras, Jáquez-Balderrama, & Ojeda-Barrios, 2012). Las muestras fueron sujetas a análisis de laboratorio, Se realizaron análisis estadístico, de varianza y comparación de medias para evaluar el contenido de macro y micronutrientes y parámetros, en el tejido foliar de la lechuga y en el suelo.

En el año 2011, en Córdoba, Argentina se estudió el efecto del uso de un vermicompost (VC) de estiércol de conejo sobre distintas fracciones de carbono orgánico en función del tiempo y la profundidad, para analizar el potencial de esta enmienda orgánica como fuente de C y la capacidad de un suelo degradado para su retención. Se aplicó esta enmienda en forma de pila sobre el suelo (en el horizonte C) y se realizaron determinaciones químicas y fisicoquímicas al VC y al suelo a 2 profundidades y en distintos momentos después de la aplicación. “El uso de este tipo de enmiendas orgánicas aplicadas en forma de pila, resulta ser una estrategia importante de enriquecimiento (secuestro) de C en suelos degradados mejorando su calidad” (Rubenacker, Campitelli, Sereno, & Ceppi, 2011).

En el mismo año, en Cuba, se realizó una revisión de conocimientos relacionados con la materia orgánica en los suelos de pastizales tropicales, su comportamiento y los factores que la afectan, y un análisis de cómo se comporta la captura de C en el suelo y las formas para incrementar y disminuir la magnitud del efecto invernadero. Se valoraron las principales tendencias acerca de la MOS, con el fin de actualizar las investigaciones desarrolladas a nivel mundial acerca de este tema. “La abundancia de los agregados estables en el suelo depende notablemente del contenido de MOS” (Crespo, 2011) así, se afirma que la naturaleza y propiedades de estos agregados están determinadas por la cantidad y calidad de los residuos vegetales y los compuestos húmicos, así como por el grado de interacción con las partículas restantes del suelo. Por su parte, “los cambios en el uso de suelo y las prácticas de manejo influyen, frecuentemente en la captura de C y en su emisión a la atmósfera” (Crespo, 2011).

En México, hacia el 2010 se desarrolló un estudio sobre abonos orgánicos y su efecto en las propiedades del suelo, en este se analiza la incorporación de materia orgánica a suelos agrícolas para combatir los problemas que enfrenta la agricultura por la pérdida de fertilidad de los suelos. Se propone como alternativa la disminución del impacto ambiental, el compostaje y el vermicompost, “productos estables que pueden tener diversas aplicaciones de interés agrícola como abonos, enmiendas y sustratos orgánicos”. (Hernandez Rodriguez, Ojeda Barrios, López Diaz, & Arras Vota, 2010)

“Los aportes de materia orgánica al suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo. Los nutrientes contenidos en la materia orgánica (N, P, S, entre otros) se hallan en forma orgánica por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Se requiere la acción microbiana para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a formas minerales que son las utilizadas en la biomasa de la planta”.

(Hernandez Rodriguez, Ojeda Barrios, López Diaz, & Arras Vota, 2010)

En el 2009, de nuevo en Berkeley CA – USA, se analizó el impacto del cambio climático en la agricultura, y algunas respuestas adaptativas.

“Un impacto significativo del cambio climático para la producción de las pequeñas fincas es la pérdida de materia orgánica del suelo debido al calentamiento de este. Temperaturas más altas del aire pueden acelerar la descomposición de materia orgánica, e incrementar las tasas de otros procesos del suelo que afecten su fertilidad. Bajo un suelo más seco las condiciones de crecimiento de raíces y la descomposición de materia orgánica se suprimen significativamente, y

dado que la cobertura del suelo disminuye, la vulnerabilidad a la erosión por viento incrementa especialmente si los vientos se intensifican, proceso especialmente problemático en laderas”. (Altieri & Nicholls, 2009)

Se muestran ejemplo de medidas de adaptación que posibilitan la reducción de la vulnerabilidad de sistemas agrícolas al cambio climáticos entre las estrategias se incluye el realce del contenido de M.O de los suelos a través de la aplicación de abonos verdes, estiércol, etc. “Incrementando así la capacidad de retención de humedad”. (Altieri & Nicholls, 2009)

En este mismo año, en México Pérez V, Arturo y Landeros S, Cesáreo enfocan su trabajo en la agricultura y su influencia en el deterioro ambiental, se refieren a conceptos como plaguicidas, degradación del suelo, fertilizantes, deforestación, biotecnología, contaminación atmosférica y pérdida de biodiversidad.

(Perez & Landeros, 2009) afirman que la agricultura ha contribuido a la degradación del suelo de diversas maneras: incluyendo la fertilidad, salinización, contaminación por agroquímicos, la erosión, la compactación por maquinaria agrícola, la reducción del contenido de materia orgánica, etc., afectando la estructura y composición del suelo y llevando a que su capacidad productiva disminuya. “Bajo estas condiciones, el productor requiere emplear cada vez más fertilizante para mantener los mismos rendimientos. Países en África y Latinoamérica son los que muestran los niveles más altos de degradación del suelo. (Perez & Landeros, 2009)

Por su parte, en la Habana, Cuba se llevó a cabo una investigación para analizar los más importantes factores que influyen en la compactación del suelo agrícola, definiéndose como principal factor la humedad durante el tráfico, además de otros como la presión sobre el suelo. En el proceso del reconocimiento de la importancia del suelo para el desarrollo social-económico y el sostén físico y químico de los ecosistemas terrestres, surge el interés por entender y combatir la degradación de los suelos, entre otros aspectos, se reconoce que: “Durante las labores agrícolas es deseable que la humedad del suelo sea inferior al límite plástico (LP); varios autores consideran que el contenido de humedad más apropiado es de 0,8 a 0,95 LP” (González Cueto, Iglesias Coronel, & Herrera Suárez, 2009) por otro lado se entiende que la compactabilidad está influenciada por la materia orgánica, no solo por la cantidad sino además por el tipo, ya que el material parcialmente descompuesto y altamente humidificado incrementa la resistencia del suelo a la compactación. (González Cueto, Iglesias Coronel, & Herrera Suárez, 2009). Así entonces se resalta el papel de la M.O en el mejoramiento de las condiciones del suelo afirmando

que ésta, entre otras cosas, favorece la formación y estabilidad de agregados, mejora la actividad biológica y propicia que el suelo retenga mayor humedad.

Mientras tanto, en el año 2008, en el marco del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (García O, 2008) analiza la Materia orgánica y su papel en la lucha contra la degradación del suelo, en este trabajo se realiza un importante aporte para el conocimiento de la composición de la MO en el suelo, los procesos que se llevan a cabo a partir de esta, sus funciones, los factores que afectan el contenido de MOS y la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles para recuperar el nivel de MO de los suelos.

La MO tiene importantes efectos en el suelo, con respecto (García O, 2008) afirma: “sin lugar a duda el efecto más importante de la materia orgánica sobre el suelo se relaciona con el desarrollo, mantenimiento y preservación de las propiedades físicas. El humus tiene un efecto determinante sobre la estructura y estabilidad estructural de los suelos (...)” (p 9).

En México, en el año 2005 se realizó un trabajo que hace referencia a una serie de investigaciones aplicadas que movilizan información edáfica para integrar a temas de actualidad. Se concluye entre otras cosas que “el inventario de suelos está en condiciones de suministrar una valiosa información para el manejo de los suelos”. (Zinck, 2005)

Moameni y Zinck (como se citó en (Zinck, 2005)) afirman:

“En la agricultura mecanizada moderna se utilizan fertilizantes químicos para suministrar nutrientes a los cultivos. En cambio, casi nunca se aplica estiércol, lo que da como resultado que el contenido de materia orgánica en los suelos se encuentra usualmente por debajo de los niveles de requerimiento de las plantas. El diagrama de control de calidad, comúnmente utilizado en el campo de la producción industrial, es una técnica adecuada para evaluar y monitorear el estado de los nutrientes en el suelo por comparación con los niveles de aceptación/suficiencia específicos de cada cultivo. Esta técnica se implementó en el área de Shiraz, provincia de Fars, en Irán central, para diagnosticar el agotamiento de los nutrientes en el suelo bajo cultivo continuo de trigo. Esto permitió demostrar que los contenidos de carbono orgánico y de nitrógeno se encontraban completamente fuera de control agronómico en comparación con los requerimientos de dicha planta”.

Hacia el año 2000 se desarrolló una investigación en Argentina que buscó desarrollar modelos predictivos de la productividad de la materia seca de pastizales nativos con fertilización con N y P en suelos sódicos, para esto se utilizaron las propiedades del horizonte A. Los ensayos se

llevaron a cabo en nueve suelos seleccionados donde se ubicaron dos parcelas que recibieron las fuentes fosfórica y nitrogenada. Se tomaron las muestras en el horizonte A y se les aplicaron las pruebas de laboratorio.

Entre los resultados a resaltar están que los altos valores de alcalinidad en los suelos no solo obedecen a la presencia de Sodio. Según (Vázquez, Costa, Monterubbianesi, & Godz 2001) “el aumento del pH disminuye la disponibilidad del fósforo, pues en un medio alcalino se favorece la formación de compuestos de baja solubilidad como la hidroxiapatita y la fluoroapatita”.

6.2 Estudios nacionales

En el año 2014, en el departamento de Cesar, Colombia, se realizó un trabajo para evaluar el efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en la evolución de las propiedades del suelo en áreas deterioradas del departamento. Tuvo un diseño experimental de bloques completos al azar y se aplicó análisis de varianza. Se evaluaron dos tratamientos: testigo, basado en el manejo tradicional del productor, sin aplicación de prácticas de mejoramiento del suelo, y experimental, con la aplicación de enmiendas inorgánicas y prácticas sostenibles al suelo que incluían incorporación de abono verde (*vigna unguiculata*). Se realizó evaluación comparativa de las características del suelo, durante tres años, para su determinación se usaron métodos de laboratorio y/o campo en 3 fases. La aplicación de estas prácticas sostenibles contribuyó a mejorar las características físicas y químicas del suelo y no se causaron impactos negativos en el microbiota del suelo.

Hamza y Anderson (como se citó en (Murillo, Rodríguez, Roncallo, Rojas, & Bonilla, 2014) afirman que: “La materia orgánica está involucrada en la retención de agua en el suelo, lo que ayuda a aminorar la compactación. Cuando se mantiene la cantidad adecuada de materia orgánica en forma de abono verde, se estabiliza la estructura del suelo, ya que este se hace más resistente a la degradación y a su agregación excesiva”.

Hacia el 2012, se publicó un estudio que plantea una reflexión sobre las perspectivas de aplicación del compostaje en Colombia; se analiza la aplicación de los biorresiduos provenientes de RSM con un enfoque desde lo global a lo local, enfatizando en la evolución de su aplicación, su estado actual y sus tendencias de desarrollo. De igual manera, se discute la situación del compostaje desarrollado en las plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS) en Colombia, señalando los elementos que han fundamentado su desarrollo. A partir de lo anterior, se plantean

perspectivas de la aplicación del compostaje que permitan ofrecer una opción sostenible para el manejo de esta fracción de los RSM (Oviedo-Ocaña & Marmolejo-Rebellon, 2012).

En el año 2008, en el Valle del Cauca, se desarrolló un trabajo con el objetivo de cuantificar la distribución del contenido de carbono orgánico en agregados de diferente tamaño, procedentes de varios sistemas de uso y altitudes, en suelos de La Cuenca del Río Cauca. El desarrollo de este experimento se realizó en 3 fases: Campo, Laboratorio y Análisis estadístico. Se evaluaron en cada zona (alta, media y baja) parámetros físicos y químicos y se determinó la distribución de agregados y el contenido de CO en agregados de diferente tamaño.

A partir de los conceptos analizados se afirma que: “El desarrollo de la agricultura, aunque siempre ha contribuido a la sobrevivencia del hombre, también ha implicado cambios negativos en los suelos” (DIAZ, 2008), por su parte Monsanto (como se citó en (DIAZ, 2008) señala que la materia orgánica configura la principal reserva edáfica de carbono; su participación con moléculas que poseen composición y propiedades físicas, químicas, enzimáticas, estructurales y biológicas diferenciadas, la responsabilizan de actividades fundamentales en las cuales se incluye la participación de seres vivos, formando así un factor de formación del suelos, que genera estabilidad, contribuye a la conservación y promueve la fertilidad, productividad y biodiversidad de los suelos.

6.3 Estudios departamentales

En el año 2014, en los invernaderos del centro de Investigación de Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) en Mosquera Cundinamarca, se llevó a cabo un estudio con el propósito de estudiar la aplicación de compost de residuos de flores en propiedades químicas de un Oxisol proveniente de los Llanos Orientales colombianos y en variables agronómicas de maíz (*Zea mays*). El experimento consistió en siete tratamientos: testigo, compost, cal, fertilizante inorgánico, compost + cal, compost + fertilizante inorgánico y compost + fertilizante inorgánico + cal con tres repeticiones en un diseño de bloques completos al azar donde las propiedades químicas del suelo evaluadas fueron pH, acidez intercambiable, materia orgánica, fósforo disponible y las relaciones C/N y C/P al inicio, a la quinta y décima semana después de la siembra (Daza Torres, 2014). Se realizó análisis estadístico, análisis de varianza y para las variables con diferencias significativas se realizó comparación de medias.

“El uso de compost proveniente de residuos de flores tiene gran potencialidad en el manejo de suelos ácidos al mejorar sus condiciones químicas” (Daza Torres, 2014)

Hacia el 2009, se realizó un estudio exploratorio en el páramo El Granizo, en la Calera, con el propósito de determinar el efecto que causan las actividades agropecuarias en algunas características físicas y químicas del suelo. Se tomaron, como referencia de comparación, zonas sin rastro de intervención antrópica, zonas con actividades agrícolas y/o pecuarias y zonas en período de descanso (barbechos). El estudio se realizó a través de una calicata y dos cajuelas, y a partir de la toma de 40 muestras homogenizadas de suelo en cada una de las zonas. La fase de laboratorio tuvo lugar en el Laboratorio de suelos del IGAC de Bogotá.

Es evidente que en el proceso de acondicionamiento de los suelos de páramo para la agricultura y/o la ganadería, se aplican enmiendas, las cuales, producen un efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo, generando cambios drásticos en la acidez y relación de bases. Cuando las características de los suelos de páramo presentan gran cantidad de materia orgánica, pH ácido, relación de bases por debajo de 1, altos contenidos de Al intercambiable, niveles medios de P₂O₅ y K₂O y niveles freáticos bajos, se favorecen las condiciones para que el páramo mantenga sus condiciones naturales. (Estupiñán, Gómez, Barrantes, & Limas, 2009)

CAPITULO VII

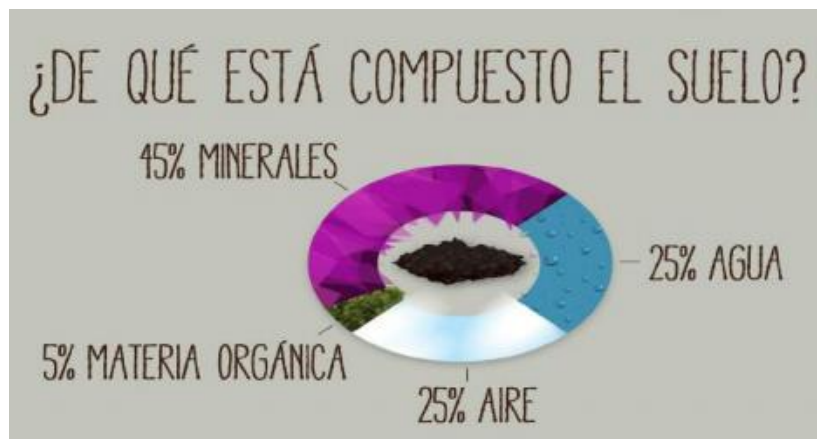
7. Marco Teórico

7.1 Marco referencial

7.1.1 Suelos

El suelo es un componente vital del ambiente natural. Su disponibilidad es limitada y se encuentra constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microorganismos que desempeñan procesos fundamentales de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones indispensables para la sociedad y el planeta (Minambiente, 2018).

Ilustración 1. Composición Del Suelo



Fuente. FAO, 2015

Según el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, USDA, el límite del suelo en la parte superior es el aire o el agua superficial. El límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales minerales que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (Minambiente, 2018)

7.1.1.1 Calidad de los suelos

La calidad del suelo se define como la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico de acuerdo a sus funciones: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos de esta manera, los servicios ecosistémicos asociados al suelo están directamente relacionados con su calidad (Minambiente, 2018)

Ilustración 2. Suelo Como Soporte De Los Servicios Ecosistémicos



Fuente. Revista FAO, Guía De Buenas Prácticas Para La Gestión y Uso Sostenible De Los Suelos.

La observación y evaluación en campo de la calidad del suelo es ante todo un proceso de comprensión del suelo; es un modelo basado en la observación en campo, con el cual se pretende conseguir una evaluación de la fertilidad tanto a corto como a largo plazo “dicho por (Herody ,1999)”

Ilustración 3. Observación y Evaluación De La Calidad Del Suelo



Fuente. Revista FAO, Guía De Buenas Prácticas Para La Gestión y Uso Sostenible De Los Suelos.

7.1.2 Degradación de suelos

Se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.

Las definiciones de la degradación de tierras, las cuales siguen en gran medida al LADA (Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas), son importantes para capturar la complejidad de los procesos de degradación y su evaluación subjetiva de los diferentes actores en el suelo y la tierra. (FAO, 2018)

La degradación de los suelos se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales de los suelos, ocasionada por factores y procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004).

Es el resultado de la interacción de factores naturales y/o antrópicos que activan y desencadenan procesos que generan cambios negativos en las propiedades y funciones del suelo. Entre los factores directos que inciden en la degradación de los suelos, se encuentran los naturales que incluyen el clima, el agua, las características edáficas, el relieve y la cobertura, y los de tipo antrópico que están relacionados con los tipos de uso y de manejo.

La degradación de los suelos puede agruparse en física, química y biológica; en la degradación física se destaca la erosión, la compactación, el sellamiento, la desertificación, entre otras; en la degradación química la pérdida de nutrientes y a su desbalance en el suelo, a los cambios en el pH (salinización o acidificación) y a la contaminación; y en la degradación biológica, la disminución de la materia orgánica y el carbono de los suelos, por factores y procesos naturales como el clima, el relieve o por acción humana como la deforestación, las quemas, el uso y manejo no sostenibles, entre otros. (SIAC & MINAMBIENTE. 2018)

La agricultura ha contribuido a la degradación del suelo de diversas maneras. Esto incluye la pérdida de la fertilidad, la salinización, la contaminación por agroquímicos, la erosión debida a la eliminación de la cubierta vegetal por el sobrepastoreo o el movimiento constante del suelo. Todos estos tipos de degradación causan que la capacidad productiva del suelo disminuye, reduciéndose, por consecuencia, el rendimiento agrícola. Bajo estas condiciones, el productor requiere emplear cada vez más fertilizante para mantener los mismos rendimientos. Países en África y Latinoamérica son los que muestran los niveles más altos de degradación del suelo. (Altieri, A & Nicholls, I. 2009)

La degradación del suelo se produce también debido a la compactación por maquinaria agrícola y a la reducción del contenido de materia orgánica, lo cual afecta a la estructura y a la composición del suelo. El uso de plaguicidas altera directamente la estructura del suelo a través de su impacto en la edaofauna.¹² Los plaguicidas, herbicidas y fungicidas tienen un efecto directo en la biodiversidad, tanto de vertebrados como de invertebrados.¹³ Finalmente todo esto contribuye a incrementar la tasa de erosión del suelo. (Altieri, A & Nicholls, I. 2009)

En México son graves los problemas de salinización en el noreste del país, de deforestación en el sureste y de erosión acelerada en un 80% del territorio. Las altas tasas de erosión en el país se deben al cultivo intensivo de maíz y a la ganadería extensiva en zonas montañosas. (Vázquez, P & Sánchez, C. 2009)

Las adiciones de materia orgánica, de abonos verdes o los sistemas pecuarios con leguminosas han demostrado ser procedimientos eficientes para la conservación del suelo.¹⁴ La reducción de la labranza ha demostrado tener igualmente un efecto positivo en la conservación del recurso. (Vázquez, P & Sánchez, C. 2009)

7.1.2.1 Degradación física

La degradación física, hace referencia a la alteración del funcionamiento físico del suelo, que se puede manifestar por la reducción del volumen útil, disminución del espacio poroso, modificación del arreglo estructural, baja en la estabilidad de los agregados, encostramiento y sellado que impiden el intercambio de gases y agua. La degradación física impide que el suelo funcione adecuadamente, ya que afecta la capacidad de transmisión de fluidos, el volumen de almacenaje y modifica el balance adecuado de agua y gases importante para disolver los nutrientes que necesitan las plantas y microorganismos (Topp et al., 1997).

7.1.2.1.1 Erosión

La degradación de suelo por erosión se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (IDEAM-UDCA 2015). En general, existen dos tipos de erosión: la hídrica y la eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo. Por otra parte, la

erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo.

Los departamentos que presentan las más mayores áreas erosionadas en grados severo y muy severo son Guajira, Magdalena, cesar, Santander y Meta.

Ilustración 4. Causas y consecuencias de la erosión.



FUENTE: IDEAM, 2015.

7.1.2.1.2 Compactación

El tráfico de la maquinaria agrícola es la principal causa de compactación del suelo, la cual tiene carácter acumulativo (Keller, 2004). Durante la aplicación de cargas las partículas del suelo son reorganizadas, decrece el espacio poroso y estas son llevadas a un contacto más cercano, incrementando la densidad de volumen; cambia la forma, tamaño y distribución de los poros, lo cual limita la capacidad de retención del suelo, el intercambio hídrico y gaseoso, y aumenta la impedancia mecánica (Berli, 2001; Gysi, et al., 2001). En la planta disminuye el crecimiento de la raíz y las posibilidades de obtención de nutrientes, agua y aire. El suelo exhibe escorrentía superficial, endurecimiento y mala aireación; lo cual condiciona el empobrecimiento de sus cualidades físicas, reduce el tiempo disponible para la realización de operaciones agrícolas y disminuyen los rendimientos agrícolas (González, et al. 2009).

7.1.2.1.3 Desertificación

Tras el término desertificación se esconde todo un conjunto de procesos interrelacionados (físicos, biológicos, históricos, económicos, sociales, culturales y políticos) que se manifiestan a

diferentes niveles de resolución tanto espaciales como temporales. (López, et al. 1998). Las causas que la desencadenan y factores que la controlan son múltiples y algunos de ellos pueden cambiar según la escala, por ello, pueden darse respuestas diferentes en función de las magnitudes de tiempo y espacio que se consideren. Desertificación es un conjunto de procesos o manifestación de fenómenos implicados en el empobrecimiento y degradación de los geosistemas terrestres por impacto humano. La UNCED (1992) y el CCD (1994) la han definido como un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas. Se interpreta como una disminución de los niveles de productividad de los geosistemas como resultado de la sobreexplotación, uso y gestión inapropiados de los recursos en territorios fragilizados por la aridez y las sequías. (López, et al. 1998).

7.1.2.2 Degradación Química

La degradación química está relacionada con la contaminación, salinización, acidificación, pérdida o distribución irregular de los nutrientes del suelo, en la transformación de los residuos orgánicos que involucra procesos específicos como el reciclaje de nutrientes y la tasa de mineralización, ambos realizados por los microorganismos del suelo, así como la pérdida de carbono y alteración de la actividad microbiana.

7.1.2.2.1 Pérdida de nutrientes

La pérdida de nutrientes está directamente relacionada con la concentración inicial en el suelo de origen, las lluvias, el escurrimiento y el contenido de materiales coloidales en el suelo (Mathan, Kannan 1993). Debido a que la mayoría de los nutrientes están adsorbidos sobre los coloides orgánicos e inorgánicos, la erosión de los sedimentos más finos provoca una movilización importante de nutrientes (Sharpley 2001). Sin embargo, la presencia de una densa vegetación nativa con buena cobertura de mantillo sobre el suelo reduce la velocidad del escurrimiento y disminuye la pérdida de sedimentos y nutrientes. (Buschiazzo, 2001)

7.1.2.2.2 Desbalance de suelo

El balance negativo de los nutrientes del suelo determina índices crecientes de susceptibilidad al empobrecimiento en algunos de sus elementos. (Crúzate G, Casas R. 2003). Los desbalances nutricionales en los suelos llevan a la degradación de la fertilidad nativa del suelo, ejemplificada en las marcadas disminuciones de materia orgánica y las caídas en la productividad de los

cultivos. (García, O. 2008). Este desbalance de suelos se presenta en los casos donde no hay manejo razonado de la fertilización y seguramente son tierras dedicadas al monocultivo lo que acelera la degradación del suelo ocasionando un grave impacto ambiental ya que puede presentarse una rápida dispersión de enfermedades, aparición de plagas y presentar tierras con un alto porcentaje de inutilidad.

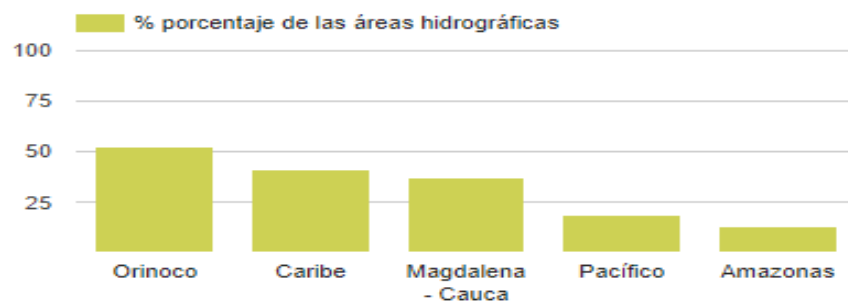
7.1.2.2.3 Cambios de pH (Salinización o acidificación)

La salinización es proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas mediante el cual ocurre el aumento, ganancia o acumulación de sales solubles en el suelo, lo cual tiene implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos. La susceptibilidad de los suelos a la degradación por salinización es la capacidad y/o propensión de los suelos a aumentar la concentración de sales solubles tanto por condiciones intrínsecas como por agentes o factores externos como la variabilidad y el cambio climático; biofísicos como los materiales parentales de los suelos, el relieve y las coberturas de la tierra y/o antrópicos como el uso y el manejo. (IDEAM - UDCA 2015).

La susceptibilidad de los suelos a la degradación por salinización es la capacidad y/o propensión de los suelos a aumentar la concentración de sales solubles tanto por condiciones intrínsecas como por agentes o factores externos como la variabilidad y el cambio climático; biofísicos como los metales parentales de los suelos, el relieve y las coberturas de la tierra y/o antrópicos como el uso y el manejo.

Porcentaje de las áreas hidro geográficas con susceptibilidad de suelos por salinización.

Ilustración 5. Áreas con susceptibilidad a Salinización.



Fuente: IDEAM. 2015.

7.1.2.2.4 Contaminación

La naturaleza de la contaminación y el origen de los metales y formas de deposición y condiciones medio ambientales producen acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad en los suelos (Sauquillo Et Al. 2003). Los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental, la cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación (Sauve Et Al., 2000).

Según (González Et Al. 2009). El Plomo (Pb), por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en los cultivos de tienen una barrera suelo-planta que limita la translocación de Pb a la cadena alimenticia, ya sea por procesos de inmovilización química en el suelo según se ha reportado (Laperche Et Al. 1997) o limitando el crecimiento de la planta antes de que el Pb absorbido alcance valores que puedan ser dañinos al ser humano. El Pb presente en suelos contaminados puede llegar a inhibirse mediante la aplicación de fósforo y óxidos de Magnesio; sin embargo, estos tratamientos pueden llegar a afectar la biodisponibilidad de otros metales esenciales como el Zn (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002).

7.1.2.3 Degradación biológica

7.1.2.3.1 Disminución de materia orgánica

La materia orgánica, contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo para enumerar sus beneficios como fuente de nutrientes considerando que éste es el papel más importante de la misma, nada más lejos de la realidad ya que los beneficios en el suelo son múltiples.

Según Gallardo (2004), profundizar más en el tema y los beneficios de las sustancias húmicas en la producción de cultivos desde varios puntos de vista, centrándose en una aproximación biológica, sostiene que “la materia orgánica estimula la diversidad y la actividad biológica en el suelo actúa como transportador de nutrientes a través de la pared celular acelera la división celular presencia de fitoreguladores”. Incrementa la respiración celular estimula brotes nuevos y crecimiento radicular y una fuerte estructura de planta incrementa la habilidad de las semillas y el porcentaje de germinación mejorar contenido de materia seca en las plantas tiene efecto sobre la resistencia de las plantas a las enfermedades y actúa como detoxificador de agrotóxicos y contaminantes aplicados al suelo. (García, O. 2008).

7.1.2.3.2 *Carbono de los suelos*

El carbono orgánico en el suelo influye en procesos de formación y evolución, y ellos están relacionados con el comportamiento de la agregación del suelo, la disponibilidad y contenido de nutrientes, erosión de suelo, igualmente con la producción de las plantas en ecosistemas naturales y agrícolas.

La lucha contra la degradación y la defensa de la captura de carbono dentro de los conceptos de conservación y manejo del suelo, hoy constituyen metas de investigación, principalmente en el campo de la producción agrícola. El conocimiento y comprensión del comportamiento de la agregación del suelo, particularmente en lo relacionado con su composición, y relación con los contenidos de materia orgánica, contribuye a un mejor conocimiento de los procesos de formación y evolución del suelo (Ruiz M. et al, 1995); siendo esto un gran aporte de línea base para la toma de medidas de conservación y recuperación de estos. Por ejemplo, en los suelos estabilizados por materia orgánica los estados de agregación probablemente se desarrollan a través de muchos años (Betancourt, E. 2008).

7.1.3 **Abonos orgánicos sólidos**

Existen diferentes procesos para la producción de abono sólido. Entre los más relevantes se encuentra el compostaje y el lombricompost.

¿Cuáles son los principales beneficios de los abonos orgánicos sólidos? Entre los principales beneficios de los abonos orgánicos sólidos se encuentran, dicho por Álvarez (Álvarez, 2011; Román et al, 2013):

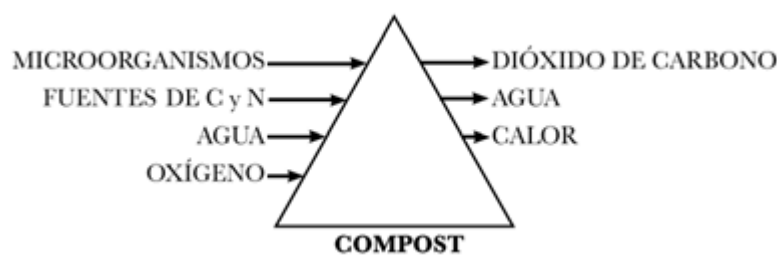
- Ayudan a mantener y aumentar el contenido de la materia orgánica en los suelos.
- Promueven el reciclaje de nutrientes.
- Mejoran la disponibilidad de los nutrientes en los suelos ácidos.
- Incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Estabilizan la reacción del suelo, debido a su alto poder de regulación (buffer).
- Mejoran las propiedades físicas del suelo: estructura, porosidad, retención de humedad.
- Reducen la erosión hídrica y eólica del suelo.
- Aportan microorganismos benéficos, enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica.
- Son fuente de fitohormonas que aportan al desarrollo y crecimiento de las plantas.

- Favorecen el crecimiento de los cultivos. El tipo de abonos orgánicos, con su forma y dosis de aplicación, dependerá de las directrices de la autoridad sanitaria correspondiente.

7.1.3.1 Compostaje

Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada; se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado compost. (Secretaría Distrital De Habitat, 2018)

Ilustración 6. Diagrama del proceso de degradación en compostaje



Fuente. Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compost.

7.1.3.1.1 Beneficios de la utilización del compost

El compost ayuda a mejorar las propiedades del suelo: físicas (agregación, porosidad, retención de humedad), químicas (pH, materia orgánica, nutrientes) y biológicas (microorganismos, fauna), su estabilidad y la capacidad de sostener plantas de la siguiente forma (Secretaría Distrital De Hábitat, 2018):

- Incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Un mayor contenido de materia orgánica facilita la retención de nutrientes, reduce la lixiviación o pérdida de éstos por acción de la lluvia e incrementa la absorción de minerales de uso agrícola reduciendo la contaminación del agua. (Secretaría Distrital De Hábitat, 2018)
- Un mayor contenido de materia orgánica mejora la estructura del suelo y la formación de agregados, que incrementa la aireación y la capacidad de retención de humedad, y con ello, la eficiencia en el uso de recurso hídrico. (Secretaría Distrital De Hábitat, 2018)
- Aporta microorganismos benéficos para las plantas como: promotores de crecimiento vegetal, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de nutrientes, antagonistas de patógenos y microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica, entre otros. (Secretaría Distrital De Hábitat, 2018)

Imagen 3. Bolsa Terrazan



Fuente. Autores, Diseño Bolsa Terrazan

7.1.4 Laboratorio CAR y DLIA

Tiene como propósito la determinación de la línea base ambiental mediante el modelamiento y monitoreo de los recursos naturales renovables y ecosistemas que identifican la oferta ambiental del territorio, como soporte para la toma de decisiones y el ejercicio de la autoridad, así como la generación de resultados confiables de la calidad del recurso hídrico, atmosférico y suelo, implementando y aplicando metodologías estandarizadas, validadas y acreditadas, para la protección, planificación y conservación de los recursos, articulados en los Sistemas de Información Ambiental para realizar el ordenamiento ambiental del territorio y facilitando el intercambio de información interna y externa, mediante el desarrollo de las siguientes funciones (CAR, 2018)

Dirigir y coordinar las actividades necesarias para contar con información actualizada acerca del estado de los recursos naturales renovables y ecosistemas de la jurisdicción de la Corporación, específicamente en lo concerniente a calidad del agua, aire y suelos. (CAR, 2018)

7.1.4.1 Certificado de acreditación CAR

Por cumplimiento con la norma NTC-ISO/IEC 17025 y los requisitos establecidos por el IDEAM, se otorga la acreditación para producir información cuantitativa, física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes.

Imagen 4. Certificado de acreditación



Fuente. DLIA, 2016

7.1.5 Parámetros analizados del suelo

Se dedican al Análisis Físicoquímico - Microbiológico en suelos y sedimentos. Estos análisis ayudan a mitigar problemas de degradación provocados por las actividades humanas, propicia la sustentabilidad ambiental al desarrollar técnicas y métodos que apoyen esfuerzos de remediación. (CAR, 2018).

Se realizó diversos estudios con el fin de identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo permitiendo un análisis más detallado de su comportamiento y en qué condiciones se encuentra este suelo, los estudios analizados fueron los siguientes:

Físico Químicos: los parámetros analizados fueron los metales pesados y algunas concentraciones de bases ya que son factores fundamentales en este estudio, entre los cuales se analizaron:

Cadmio, Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Cromo, Cobre, Plomo, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Selenio, Plata, Zinc, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, pH, % de humedad, Carbono Orgánico, Fósforo Disponible, Conductividad Eléctrica.

Bases cambiables: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio

Microbiológicos: Escherichia Coli y Coliformes Totales.

7.1.6 Programa estadístico

7.1.6.1 R-Studio

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R (lenguaje de programación). Incluye una consola, editor de sintaxis que apoya la ejecución de código y permite un análisis y desarrollo para que cualquiera pueda analizar los datos con R. (RPubs, 2017)

Librerías utilizadas para la ejecución de datos en R-studios

library(readxl) : permite leer archivos excel

require(ggplot2) : permite ejecutar gráficas

require(plyr) : transformación de base de datos para su ejecución

require(dplyr) : transformación de base de datos

require(ggpmisc) : permite agregar líneas de tendencia

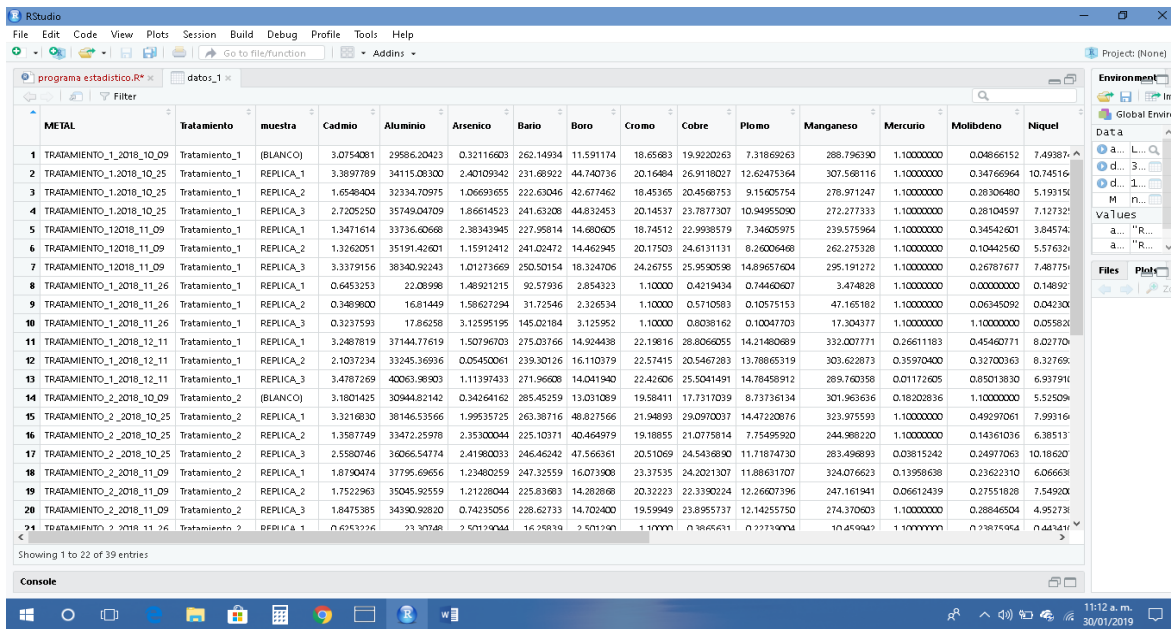
library(corrplot) : permite dar gráficas de correlación

Ilustración 7. Descarga Programa R-Studio



Fuente. R-Studio descarga del programa

Ilustración 8. Interpolación De Datos En R



Fuente. R-Studio. Interpolación de resultados en R-Studios.

7.2 Marco Legal

Tabla 1. Normativa de suelos.

NORMA	FUENTE	OBJETO
<p>Constitución política de Colombia de 1991</p>	<p>Congreso de la República</p>	<p>Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. (Congreso de la República, 1991)</p>
		<p>Artículo 79. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (Congreso de la República, 1991)</p>
		<p>Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. (Congreso de la República, 1991)</p>
		<p>Artículo 332. El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes. (Congreso de la República, 1991)</p>
		<p>Artículo 334. Estará a cargo del Estado el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados. (Congreso de la República, 1991)</p>
<p>Ley 23 de 1973</p>	<p>Congreso de la República</p>	<p>Prevención y control de la contaminación del medio ambiente, mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables. (Congreso de la República, 1973)</p>
		<p>Artículo 3. Se consideran bienes contaminables el aire, el agua y el suelo. (Congreso de la República, 1973)</p>
		<p>Artículo 17. Sanción por contaminación. (Congreso de la República, 1973)</p>
		<p>Artículo 13. Exceder los niveles máximos permisibles de contaminación causa intervención del estado. (Congreso de la República, 1973)</p>

Decreto 2811 de 1974.	Presidencia de la República	Código de los Recursos Naturales (Presidencia de la República, 1974)
		Artículo 8: factores de deterioro. (Presidencia de la República, 1974)
		Artículo 179: mantener su integridad física y su capacidad productora.
Resolución 3079 de 1995	Instituto Colombiano Agropecuario – ICA	Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines. (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 1995)
Decreto 1449 de 1997	Presidencia de la República	“Por el cual se reglamenta parcialmente el inciso 1ro del numeral 5to del art. 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto-ley 2811 de 1974”. (Presidencia de la República, 1974)
		Artículo 7. En relación con la protección y conservación de los suelos, los propietarios de predios están obligados a:
		* Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el ICA, el IGAC y el Inderena. (Presidencia de la República, 1997)
		* Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación o revenimiento y, en general, la pérdida o degradación de los suelos. (Presidencia de la República, 1997)
Ley 388 de 1997	Congreso de la República	La Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental. (Congreso de la República, 1997)
Resolución 00150 de 2003	Instituto Colombiano Agropecuario – ICA	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia” (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, 2003)

Resolución 3002 de 2005	Instituto Colombiano Agropecuario – ICA	“Por la cual se dictan disposiciones sobre la modificación al etiquetado de los insumos agrícolas (plaguicidas químicos de uso agrícola, reguladores fisiológicos de plantas, coadyuvantes, fertilizantes y acondicionadores de suelos, bioinsumos agrícolas y extractos vegetales” (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, 2005)
--------------------------------	---	---

Fuente. Autores con datos Normatividad legal vigente

CAPITULO VIII

8. Metodología

La metodología de este proyecto fue desarrollada por las siguientes actividades: Área de estudio, diagnóstico, campo, selección de tratamientos, laboratorio y evaluación de resultados, para posteriormente realizar el análisis de resultados y así determinar la mejor alternativa para el manejo del suelo de la finca Las Mercedes ubicada en el municipio de Madrid-Cundinamarca.

8.1 ÁREA DE ESTUDIO

8.1.1 Ubicación Del Terreno De Estudio

La finca las Mercedes se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio de Madrid, justo en la provincia de Sabana Occidente a 28 km de Bogotá. Limita por el Norte con Subachoque con una distancia de 2.3 km aprox. por el Nor-occidente con Facatativá con una distancia de 16.2 km aproximadamente, por el suroccidente con Bojacá con una distancia de 8.5 km aproximadamente, al sur con el municipio de Mosquera con una distancia de 8.5 km aproximadamente, y al oriente con el municipio de Funza en una distancia de 8.9 km aproximadamente. Su posición astronómica lo localiza a los 4°43'50" latitud Norte y a los 74°15'50" Longitud Occidental. (Alcaldía De Madrid Cundinamarca, 2018)

8.1.2 Ubicación Experimental

La toma de muestras se realizó en la zona de estudio Finca Las Mercedes ubicada en las veredas la Estancia y potrero grande, del municipio de Madrid (Cundinamarca), las coordenadas del terreno son: 4°43'27" N y 74°17'19" W.

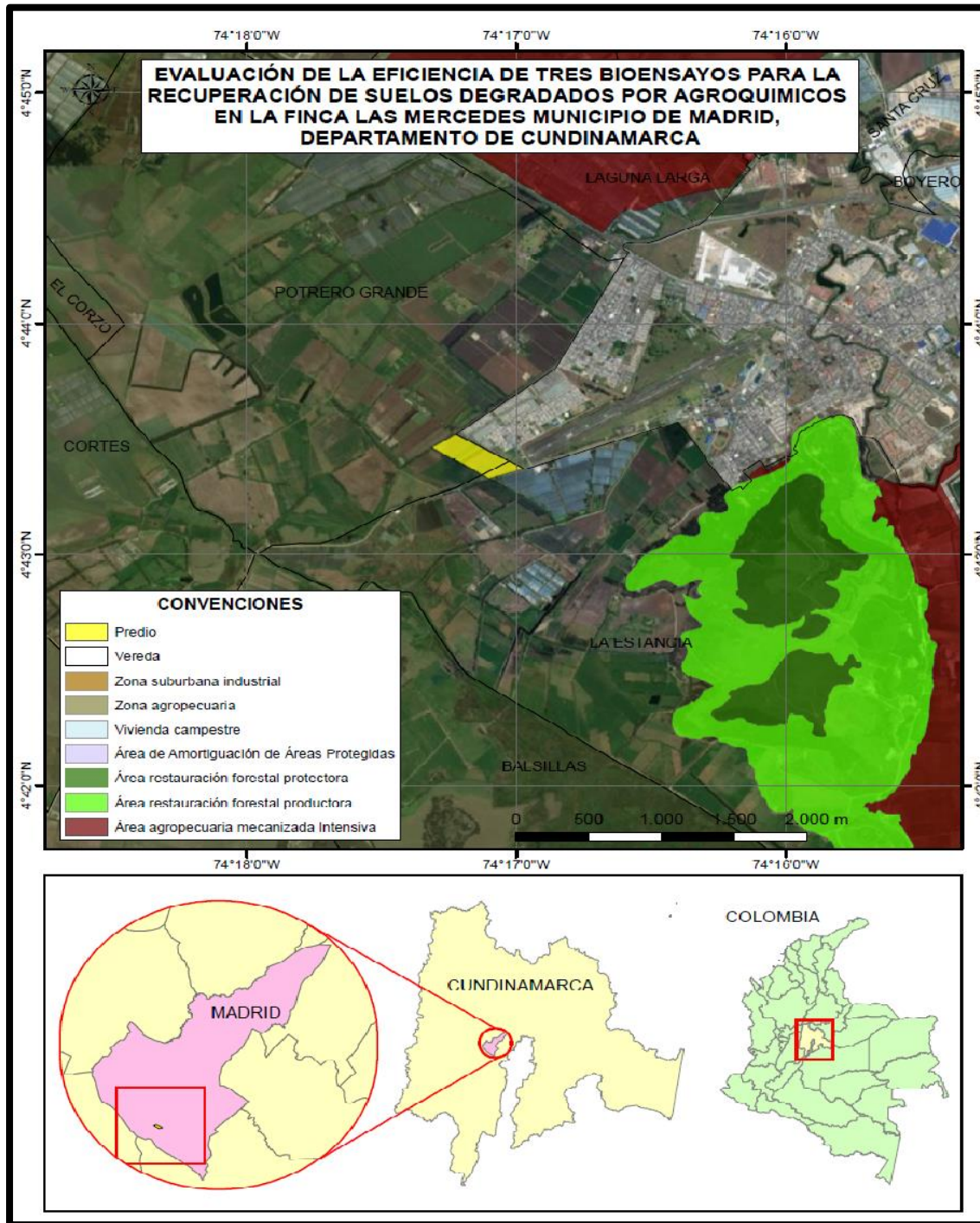
Imagen 5. Finca Las Mercedes



Fuente. Autores

En el siguiente Mapa se observa la localización de la Finca Las Mercedes en el municipio de Madrid-Cundinamarca, donde se llevó a cabo el proyecto.

Mapa 1. Área del proyecto



Fuente. Autores con software QGIS libre

8.2 DIAGNÓSTICO

8.2.1 Recopilación y selección de información.

Para el proyecto se realizó una recopilación y selección de literatura sobre la composición y calidad del suelo, degradación de los suelos, compostaje y los beneficios de la utilización del compost, estudios realizados a nivel local, nacional e internacional sobre las diferentes causas de degradación con circunstancias similares a las de la zona de estudio.

8.3 CAMPO

8.3.1 Reconocimiento

Para el reconocimiento en campo se realizó una visita a la zona donde se observaron los parámetros de interés como la vegetación, el suelo, su uso y posibles problemáticas, adicionalmente se organizó una reunión con el agricultor y el propietario de la finca para indagar un poco más sobre los aspectos ambientales y sociales presentes. También se indagó sobre el tipo de riego, los diferentes agroquímicos empleados y el manejo en general del cultivo antes y durante la aplicación de los bioensayos, finalmente se observó la asequibilidad y estado de las vías para el transporte adecuado de las muestras y las posteriores visitas.

Según IGAC, 2000; el municipio se encuentra localizado en altitudes entre 2.000 y 3.000 m. El clima ambiental es frío y seco, con temperaturas entre 12 y 18 °C y precipitación promedio anual entre 500 y 1.000 mm/año. Esta unidad cartográfica forma parte de las terrazas (Ver tabla 2) de la planicie fluvio lacustre (río Bogotá), el relieve es ligeramente plano a ligeramente ondulado con algunos sectores planocóncavos (cubetas) afectados ocasionalmente por encharcamientos de corta duración. El material parental de estos suelos lo constituyen depósitos elásticos hidrogénicos; son de evolución baja a moderada y se caracterizan por ser pobre a moderadamente bien drenados, profundos a superficiales y de texturas finas a moderadamente gruesas. Conforman el complejo: 40% de suelos Humic Dystrustepts (CU- 132). 35q. de Typic Haplustalfs (perfil CU-171) y 25% de Fluvanquentic Endoaquepts (CC-255). Los suelos Humic Dystrustepts (CU-132). Se localizan en sectores con pendiente 1-3%. Son de baja evolución, moderadamente bien drenados, moderadamente profundos a profundos y de texturas finas a través de todo el perfil.

Tabla 2. levantamiento de suelos y zonificación de tierras del Municipio de Madrid Cundinamarca.

USO ACTUAL DE LAS TIERRAS			
PAISAJE	CLIMA	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL Y/O LITOLOGÍA
Planicie	Frio seco	Terrazas	Depósitos clásticos hidrogénicos
CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS			
UNIDAD CARTOGRÁFICA	Número de perfil	%	SÍMBOLO
Complejo Humic Dystrustepts Typic Haplutalfs Fluvaquentic Endoaquepts	CU-132 Cu-171 CC-255	40 35 25	RMRa RMRb

Fuente. IGAC, 2000

8.4 SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS

Para llevar a cabo los bioensayos (Tratamientos) se adquirieron 3 tipos de enmiendas con diferentes componentes como se muestra a continuación:

8.4.1 Bioensayos utilizados

8.4.1.1 Tratamiento en blanco

Es un suelo que no presenta ningún tipo de enmienda, ni aplicación de agroquímicos, lo cual contribuye a la comparación de los diferentes bioensayos.

8.4.1.2 Bioensayo 1 (Tratamiento 1)

Es un polvo seco de uso agrícola para aplicación al suelo elaborado a partir de fuentes 100% orgánicas: residuos vegetales, residuos industriales de alimentos 50% y Bovinaza 50%, proceso mediante compostaje.

Tabla 3. Composición Tratamiento 1 y 2

TERRA ZAR	
COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Carbono orgánico oxidable total	23,17%
Calcio total	6,25%
Silicio total	7,27%
Cenizas	48,33%
Capacidad de retención de humedad	70,65%
Relación C/N	23
Capacidad de intercambio catiónico	26,88meq*100g
pH en pasta saturada	7,22
Humedad máxima	15%
Conductividad eléctrica en estado de	18,40 dS/m

saturación	
Densidad aparente seca	0,630g/cm ³
CONTENIDO DE METALES PESADOS	
Debajo de los límites establecidos en la NTC 5167	
CONTENIDO DE PATÓGENOS	
Salmonella spp (ausencia)	25g
Coliformes Totales	<10 UFC/g
Huevos de helminto viables	<1 Ind/250 cm ³

Fuente. Autores datos Terrazan

8.4.1.3 Bioensayo 2 (Tratamiento 2)

Es un polvo seco de uso agrícola para aplicación al suelo elaborado a partir de fuentes 100% orgánicas como se muestra en la tabla 3: Bovinaza, ruminaza, aserrín, viruta, residuos vegetales, residuos industriales de alimentos, proceso mediante compostaje.

8.4.1.4 Bioensayo 3 (Tratamiento 3)

Es un polvo seco de uso agrícola para aplicación al suelo elaborado a partir de fuentes orgánicas 100%: Gallinaza.

Tabla 4. Composición Tratamiento 3

QUIMI-ORGANIC	
COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Nitrógeno	1,27%
Fósforo	4,0%
Potasio	3,0%
Calcio	17,0%
Silicio	8,45%
Carbono Orgánico Oxidable total	14,1%
capacidad de intercambio catiónico	24,0meq/100g
Humedad máxima	14,8%
pH	7,3
Capacidad de retención de humedad	110%
Cenizas	42,0%
Densidad (Base seca a 20°C)	0,82g/c.c
CONTENIDO DE METALES PESADOS	
Debajo de los límites establecidos en la NTC 5167	
CONTENIDO DE PATÓGENOS	
Salmonella spp (ausencia)	25g
Coliformes Fecales	<1,04NMP/g
E.Coli	<1,04NMP/g

Fuente. Autores datos Quimi-organic

8.4.2 Formulación de mezclas

Para determinar la cantidad de mezclas requerida de cada uno de los tratamientos se tuvo en cuenta las necesidades, área del cultivo y área a aplicar.

La cantidad requerida de los tratamientos se realizó con la siguiente ecuación:

$$Kg \text{ de enmienda} = \frac{\text{Área a aplicar (m}^2\text{)}}{\text{Necesidad de enmienda (Kg)}} * \text{Área del cultivo (m}^2\text{)}$$

Las cantidades para aplicar se evidencian en la Tabla 5, donde según la ecuación anteriormente nombrada, el área a aplicar del cultivo obedece a 1m² que es lo que mide cada una de las parcelas analizadas en la finca las Mercedes, con un área total de cultivo de 5000 m².

Tabla 5. Cálculo de Formulación de mezclas

APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS AL SUELO			
CÁLCULO DE NECESIDADES			
FINCA LAS MERCEDES			
AREA TOTAL (m ²)	3	TRATAMIENTOS	3
TRATAMIENTO 1			
Necesidad (Kg)	Hectárea (m ²)	Área aplicar (m ²)	Cantidad Requerida (Kg)
1000	5000	1,00	0,20
TRATAMIENTO 2			
Necesidad (Kg)	Hectárea (m ²)	Área aplicar (m ²)	Cantidad Requerida (Kg)
1000	5000	1,00	0,20
TRATAMIENTO 3			
Necesidad (Kg)	Hectárea (m ²)	Área aplicar (m ²)	Cantidad Requerida (Kg)
750	5000	1,00	0,15

Fuente. Autores

En la siguiente tabla se evidencian cada uno de los tratamientos a aplicar, su composición y los resultados de la cantidad de enmienda a utilizar.

Tabla 6. Formulación de mezclas

TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN	CANTIDAD
1	Fuentes orgánicas 100%: residuos vegetales, residuos industriales de alimentos 50% y Bovinaza 50%, proceso mediante compostaje.	200g
2	Fuentes orgánicas 100%: Bovinaza, ruminaza, aserrín, viruta, residuos vegetales, residuos industriales de alimentos, proceso mediante compostaje.	200g
3	Fuentes orgánicas 100%: Gallinaza.	150g

Fuente. Autores

Por otra parte, una vez ya seleccionados los bloques al azar y delimitado las parcelas, se demarcan las diferentes réplicas de cada uno de los bioensayos con cintas de colores para lograr diferenciarlos en el campo durante el desarrollo del proyecto. Se demarcan de la siguiente manera:

Tabla 7. Demarcación de los tratamientos

Tratamiento	Demarcación
Tratamiento en blanco	Sin demarcación (georreferenciado)
Tratamiento 1	Cinta Amarilla
Tratamiento 2	Cinta Verde
Tratamiento 3	Cinta Rosada

Fuente. Autores

8.5 LABORATORIO

8.5.1 Diseño experimental.

Se tomó una muestra inicial general para conocer el estado actual del suelo en La Finca Las Mercedes, luego se muestreo cada uno de los puntos, donde se llevarían a cabo los bioensayos antes de su aplicación. De igual manera se realizó la toma de muestras con los tratamientos agregados con sus respectivas réplicas y se finalizó con la muestra de suelo en el cual no se aplicó tratamiento esto con el fin de realizar su posterior comparación y análisis del cambio de la

composición del suelo, además se tomaron muestra de plantas del cultivo con el propósito de analizarla. A continuación, se describe los tipos de muestras evaluadas.

Muestra inicial general: Se toma una muestra inicial para conocer los parámetros fisicoquímicos del suelo que se van a evaluar, esta se realizó tomando suelo de diversas partes de la finca, luego se homogeneizó, se obtuvo la muestra y se entregó al laboratorio.

Muestra sin tratar por tratamiento: Se realiza para conocer las condiciones del suelo previas a la realización de los bioensayos que será tomada solo una vez, se homogeniza el suelo de las 3 réplicas por cada uno de los tratamientos, en total se entregan 3 muestras al laboratorio.

Muestra de tratamientos: Son los empleados en los bioensayos y las réplicas se harán con el fin de efectuar el análisis estadístico, en este punto ya se le ha adicionado al suelo los tratamientos.

Muestra Blanco: Se lleva a cabo en un lugar del suelo de la finca para realizar la comparación con los resultados del suelo con tratamiento, está se toma al final de los muestreos en el mes de diciembre en un punto del terreno donde no se adiciona ningún tipo de bioensayo.

Muestra de la planta: Se tomaron tres plantas por cada tratamiento, para realizar un análisis de sus propiedades con el fin de comparar los resultados.

El número de muestras analizadas se evidencia a continuación:

Tabla 8. Tipo y número de muestras

Tipo de muestra	Cantidad de muestras
Tratamiento en blanco	1
Tratamiento 1 homogeneizado	1
Tratamiento 2 homogeneizado	1
Tratamiento 3 homogeneizado	1
Tratamiento 1 réplica 1	4
Tratamiento 1 réplica 2	4
Tratamiento 1 réplica 3	4
Tratamiento 2 réplica 1	4
Tratamiento 2 réplica 2	4
Tratamiento 2 réplica 3	4
Tratamiento 3 replica 1	4
Tratamiento 3 replica 2	4
Tratamiento 3 réplica 3	4
Muestra Blanco	1
Muestra de Planta	9
Total, de muestras	50

Fuente. Autores

8.5.2 Localización de puntos de muestreo

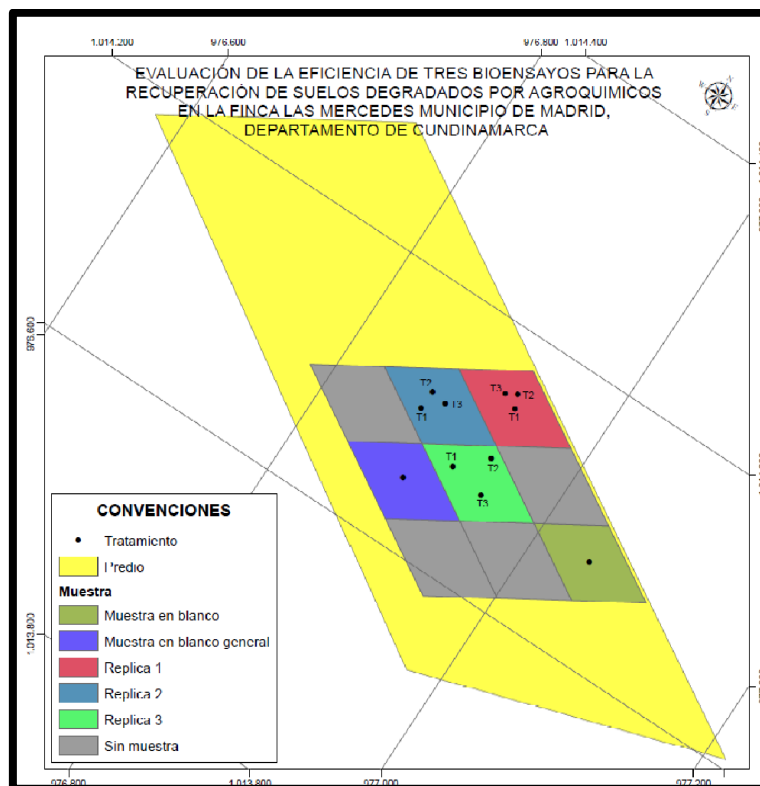
El diseño de elaboración fue por bloques al azar, dividiendo la finca en nueve áreas de 57 m² por 66 m², se seleccionaron 3 bloques y dentro de cada uno, en un metro cuadrado se realizaron los diferentes bioensayos de los tratamientos con sus respectivas réplicas.

Imagen 6. Localización de puntos de muestreo



Fuente. Autores

Mapa 2. Localización de puntos de muestreo



Fuente. Autores con software QGIS libre

8.5.3 Proceso de Muestreo Parámetros fisicoquímicos:

Las muestras se tomaron en base a la NTC 4113-2 (Norma Técnica Colombiana). “Gestión Ambiental. Calidad del suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo.”

A continuación, se describen los pasos a seguir para seleccionar el área de muestreo.

- a) Definición o selección de áreas homogéneas de terreno en la finca.
 - ✓ Separar áreas con relieves planos de áreas con relieves pendientes.
 - ✓ Separar áreas de terreno con colores distintos, suelos oscuros aparte de colores claros, rojos o amarillos.
- b) Definición de la profundidad del muestreo de acuerdo con el cultivo que se tiene establecido.
 - ✓ Para hortalizas y la mayoría de los cultivos semestrales se puede muestrear de 20 a 30 cm de profundidad.
- c) Establecer el recorrido de terreno que permita tomar la muestra más representativa.
 - ✓ La forma de recorrer el terreno será por zigzag, para que las muestras que se tomen sean representativas.

8.5.4 Proceso de Muestreo Parámetros microbiológicas

Las muestras serán tomadas en base a la NTC 4113-6 (Norma Técnica Colombiana). Gestión Ambiental. Calidad del suelo. Muestreo. Guía para la recolección, manejo y almacenamiento de suelo para la evaluación de procesos microbianos en Laboratorio.

- a) La muestra inmediatamente cuando es tomada en campo, debe ser conservada a una temperatura cercana a los 4°C, esto se logra colocando la muestra en una nevera con hielo, si la muestra se congela, no sirve para hacer análisis.

8.5.5 Tamaño de las muestras

El tamaño de las muestras físicas, químicas y microbiológicas son determinadas por el laboratorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Tabla 9. Tamaño de las muestras


Tipo de muestras	Tamaño (g)
Fisicoquímico	1000 g
Microbiológica	250 a 500 g




Fuente. Autores con datos CAR




8.5.6 Toma de muestras

La toma de las muestras se llevó a cabo con el procedimiento estipulado para dar cumplimiento las exigencias planteadas por el laboratorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), con el propósito de obtener los resultados adecuados y sin alteraciones.

Tabla 10. Procedimiento de muestreo para análisis físico, químico o microbiológico.

Paso	Descripción	Evidencia fotográfica
1	En el sitio seleccionado para tomar la muestra se debe limpiar la superficie con la pala y retirar el material vegetal u otros residuos.	
2	Se realizó un hueco con pala de 30x30cm, para facilitar la toma de la muestra.	

3	<p>Se tomó la muestra de 1 kg según la metodología de la NTC 4113-2 “Guía sobre técnicas de muestreo”.</p>	
4	<p>Se colocó la muestra en un balde, y se mezcló con el fin de homogeneizar. Preferiblemente usar guantes al realizar este paso, esto con propósito de no contaminar la muestra.</p>	
5	<p>Después de mezclada las muestras tomadas en el lote, se tomó una porción aproximada de 1kg de suelo para análisis fisicoquímico, y de 250g para análisis microbiológico.</p>	

<p>6</p>	<p>La porción tomada se embala en doble bolsa ziploc debidamente sellada.</p>	
<p>7</p>	<p>Dentro de cada muestra se anexó el formato de la CAR (Formato de toma de muestras de suelos) diligenciado y se transporta la muestra al laboratorio.</p>	 <p>Ver anexo. Formato de entrega de muestras CAR</p>
<p>8</p>	<p>Se realiza la entrega al laboratorio de la Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR)</p>	

Fuente. Autores

El muestreo se llevó a cabo cada 15 días durante 3 meses (octubre, noviembre y diciembre de 2018), para su posterior traslado a los laboratorios de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), ubicada en el municipio de Mosquera-Cund. Los días de muestreo se observan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Número de muestras

Tipo de muestra	Días					
	3 de abril	9 de oct.	25 de oct.	9 de nov.	26 de nov.	11 de dic.
Tratamiento en blanco	X					X
Tratamiento 1 (Sin adición de la enmienda) homogeneizado		X				
Tratamiento 2 (Sin adición de la enmienda) homogeneizado		X				
Tratamiento 3 (Sin adición de la enmienda) homogeneizado		X				
Tratamiento 1 Réplica 1			X	X	X	X
Tratamiento 1 Réplica 2			X	X	X	X
Tratamiento 1 Réplica 3			X	X	X	X
Tratamiento 2 Réplica 1			X	X	X	X
Tratamiento 2 Réplica 2			X	X	X	X
Tratamiento 2 Réplica 3			X	X	X	X
Tratamiento 3 Réplica 1			X	X	X	X
Tratamiento 3 Réplica 2			X	X	X	X
Tratamiento 3 Réplica 3			X	X	X	X
Plantas						X

Fuente. Autores

8.5.7 Parámetros para evaluar

Se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a cada una de las muestras tomadas descritas en la tabla 1. Tipo y número de muestras. A continuación, se observan las tablas con los parámetros estudiados, unidades y método analítico utilizado por el laboratorio.

8.5.7.1 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos evaluados para cada una de las muestras en el área de estudio de la Finca Las Mercedes, se realizaron por métodos analíticos como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Unidades	Método analítico
pH	Unidades de pH	Potenciómetro (NTC 5264)
% de humedad	Porcentaje	Método gravimétrico, estufa 105°C (NTC 1495)
Carbono orgánico total	g/100g (%) suelo	NTC: 5403 2013-07-17 Método B oxidación húmeda.

Fósforo disponible	mg/Kg	Extracción Bray II (NTC 5330)
Bases cambiables Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio.	Cmol ⁽⁺⁾ /Kg suelo seco	Extracción por acetato de Amonio 1N (NTC 5349) Espectrometría de masas/Plasma Acoplado inductivamente (ICP/MS), 3125 B
Metales pesados: Arsénico, Boro, Bario, Aluminio, Plomo, Cobre, Cromo, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Selenio, Plata, Zinc,	Mg /L (ppm)	Digestión ácida asistida por microondas de muestras y extractos acuosos, EPA-3015a. Lectura por espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICAP) EPA 2007.

Fuente. Autores

8.5.7.2 Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos evaluados para cada una de las muestras en el área de estudio de la Finca Las Mercedes, se realizaron por métodos analíticos como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 13. Parámetros microbiológicos

Parámetro	Unidades	Método analítico
Coliformes totales	NMP/g Base seca	Ensayo de sustrato enzimático, SM 9223 B modificado
Escherichia coli	NMP/g Base seca	Ensayo de sustrato enzimático, SM 9223 B modificado

Fuente. Autores

8.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

8.6.1 Zona de muestreo inicial

Se observó que el suelo no tenía presencia de metales pesados, tampoco tenía contenido de las diferentes enmiendas utilizadas; durante la toma de muestras el cultivo se encontraba en época de floración que se da después de 120 días de la siembra, se identificó que en esta época el cultivo se ve beneficiado ayuda al desarrollo de las plantas.

También aumento el porcentaje de humedad generando contaminantes como la brotytis cinera, este hongo produce afectación en el fruto causando secamiento, momificación y en algunos casos pudrición, cosa que se evidencio en el análisis realizado por el laboratorio de la CAR.

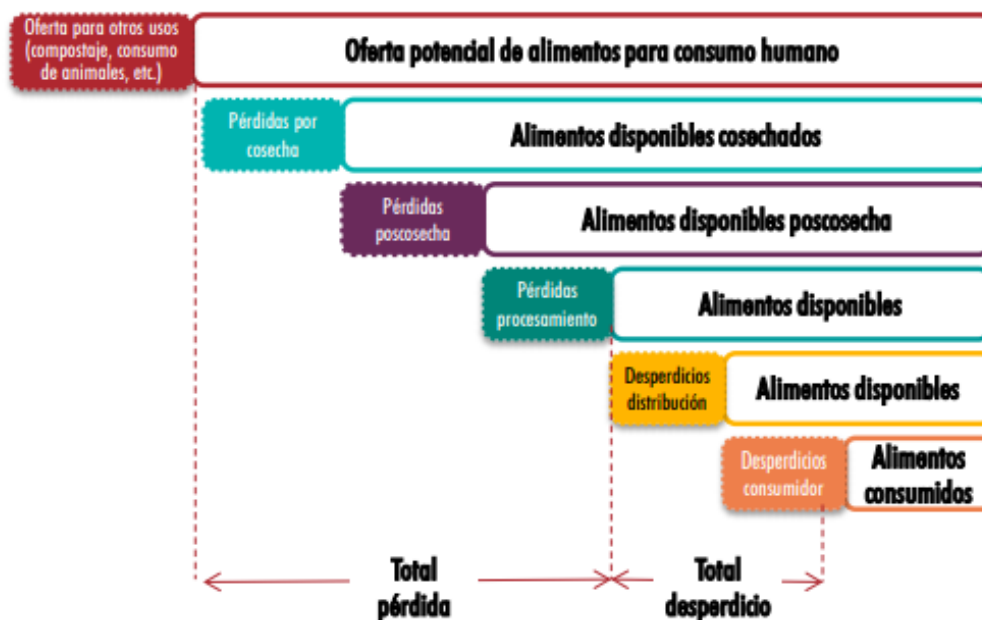
En la evaluación de la calidad del agua a través del tiempo ha sido uno de los aspectos más considerados en la cuenca media del rio Bogotá por parte de la CAR, esta ha sido monitoreada

semestralmente cumpliendo los lineamientos establecidos para generar un seguimiento semestral de los efluentes del Río, en ocasiones, la comunidad ignora la importancia que trae un manejo adecuado del recurso hídrico, por ende, dimensionando un enfoque destinado al manejo ambiental en cultivos de fresa, se debe tener en cuenta la identificación de los procesos productivos en dicho subsector, además de considerar patrones dentro del agua que pueden influir sobre el producto como la dureza del recurso, la acidez (pH) y la presencia de líquidos grasos. En el municipio de Madrid, no se cumple con un lineamiento específico para el manejo adecuado del agua dentro de dichos cultivos, y consecuentemente, no se garantiza la seguridad alimentaria de la dupla productor -consumidor; encontrándose en los monitoreos presencia de factores microbiológicos como E. Coli y coliformes fecales e indicadores de contaminación de metales como es el caso de plantas acuáticas.

8.6.2 Análisis composición enmiendas

Se analizaron los residuos industriales alimentarios, donde se encontró que gran cantidad de ellos presentarse por insuficiencias en las cadenas de producción, ya que las pérdidas corresponden a la distribución de alimentos disponibles para el consumo humano en las distintas fases de producción agropecuaria, postcosecha y almacenamiento y procesamientos industriales. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Ilustración 9. Pérdidas y desperdicios en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria

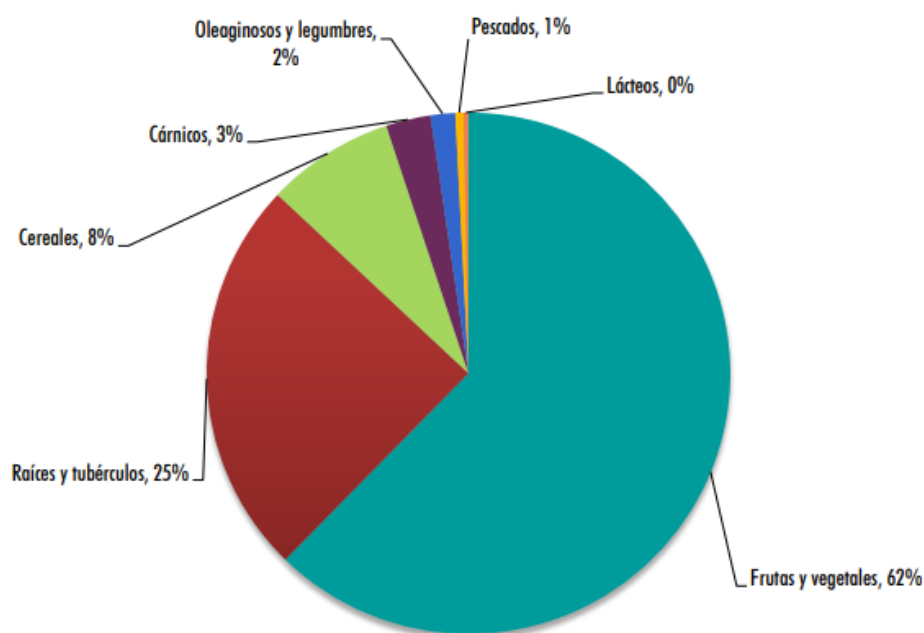


Fuente. Departamento Nacional de Planeación (2016)

Se utilizaron este tipo de enmiendas ya que son unas de las problemáticas que se encuentra en Colombia, por la gran cantidad que se presentan en las cadenas de producción, también se da según su comportamiento, consumo y manipulación de alimentos.

Para tener un enfoque más acertado según él (Departamento Nacional de Planeación, 2016) presenta la distribución de pérdida y desperdicios por grupos alimentarios, donde se encuentran en mayores proporciones los frutos y vegetales en un 62 %, seguido por las raíces y tubérculos que se encuentran en un 25 %, lo cual nos indica que hay una gran disponibilidad de desechos los cuales pueden ser reutilizados, en este caso se utilizaron para la composición de las enmiendas.

gráfico 1. Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos



Fuente. Departamento Nacional de Planeación (2016)

8.6.3 Análisis de varianza

Para realizar el análisis de varianza de los resultados de las muestras evaluadas por el Laboratorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), se llevó a cabo en el Programa R-Studios utilizando el modelo ANOVA que genera un análisis de varianza prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la

población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. (Minitab, 2019).

El análisis se debe realizar contando con una base de datos en Excel que contenga la información de los resultados suministrados por el Laboratorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), luego se procede a exportar el archivo Excel a ANOVA para su ejecución.

ANOVA proyecta los resultados en gráficas para determinar el análisis de resultados por cada parámetro estudiado.

8.6.4 Nivel de confianza

El nivel de confianza se determinó de igual manera en el programa R-Studios donde se toman los tratamientos y se realiza una comparación de cada uno de los tratamientos por parámetro analizado.

#Hipótesis $\text{Tra1} \neq \text{Tra2} \neq \text{tra3}$

El programa determina si la hipótesis es verdadera o falsa según los siguientes parámetros:

#si $\text{Pr}(> F) < 0.05$ hipótesis es verdadera

#si $\text{Pr}(> F) > 0.05$ hipótesis es falsa

CAPITULO IX

9. Resultados y análisis de resultados

El análisis preliminar del blanco (testigo), fue tomada inicialmente de los diferentes puntos de muestreo, permitiéndonos identificar en qué condiciones se encuentra el suelo de la finca las Mercedes, también se debe tener en cuenta que la toma de muestras se realizó en época de lluvia.

Tabla 14. Análisis preliminar

METAL	UNIDADES	TESTIGO
RESULTADOS		
Cadmio	Mg /L (ppm)	2,56
Aluminio	Mg /L (ppm)	39373,2
Antimonio	Mg /L (ppm)	0
Arsenico	Mg /L (ppm)	1,13
Bario	Mg /L (ppm)	284,48
Berilio	Mg /L (ppm)	0
Boro	Mg /L (ppm)	14,21
Cromo	Mg /L (ppm)	21,53
Cobalto	Mg /L (ppm)	0
Cobre	Mg /L (ppm)	28,71
Plomo	Mg /L (ppm)	13,79
Manganeso	Mg /L (ppm)	288,75
Mercurio	Mg /L (ppm)	1,13
Molibdeno	Mg /L (ppm)	1,13
Niquel	Mg /L (ppm)	5,79
Selenio	Mg /L (ppm)	1,13
Plata	Mg /L (ppm)	1,13
Litio	Mg /L (ppm)	0
Estroncio	Mg /L (ppm)	0
Vanadio	Mg /L (ppm)	0
Zinc	Mg /L (ppm)	176,13
BASES		
calcio	Cmol ⁽⁺⁾ /Kg suelo seco	26,47
magnesio	Cmol ⁽⁺⁾ /Kg suelo seco	6,64

sodio	Cmol ⁽⁺⁾ /Kg suelo seco	6,84
potasio	Cmol ⁽⁺⁾ /Kg suelo seco	1,42
MICROBIOLOGICO		
Escherichia coli	NMP/g Base seca	<1,4E+02
coliformes totales	NMP/g Base seca	>3,5E+05
OTROS		
pH		6,5
% humedad		9,14
Carbono organico total	g/100g (%) suelo	3,84
Fosforo disponible	mg/Kg	910

Fuente. Autores

La tabla 14. Nos muestra que algunos metales no se encontraban en este suelo como: Vanadio(V), Estroncio(Sr), Litio(Li), Cobalto(Co), Berilio(Be) y Antimonio(Sb). Y otros se encontraban en condiciones muy bajas como: plata(Ag), selenio(Se), molibdeno(Mo), mercurio(Hg), entre otros, las cuales no presentaron ninguna alteración con las distintas enmiendas utilizadas; También nos indica que el contenido de potasio es muy bajo, lo cual, puede deberse a que esta siendo asimilado por las plantas, caso contrario a los valores encontrados en el Fosforo (P) medido en mg/Kg donde su contenido es alto.

Se observa altos niveles de aluminio, las plantas pueden experimentar una variedad de síntomas que incluyen la toxicidad por el aluminio (Al), hidrógeno (H), y/o manganeso (Mn), así como las deficiencias de nutrientes potenciales de calcio (Ca) y magnesio (Mg).

En el análisis nos dice que el pH es ligeramente ácido. En donde influye mucho la materia orgánica que se haya aportado a través del estiércol o compost. Por eso es importante el porcentaje de materia orgánica en nuestro suelo. En este caso se considera un suelo con buenos contenidos de materia orgánica.

Con respecto a los micronutrientes los niveles muy altos no indican necesariamente que una planta será afectada por Toxicidad.

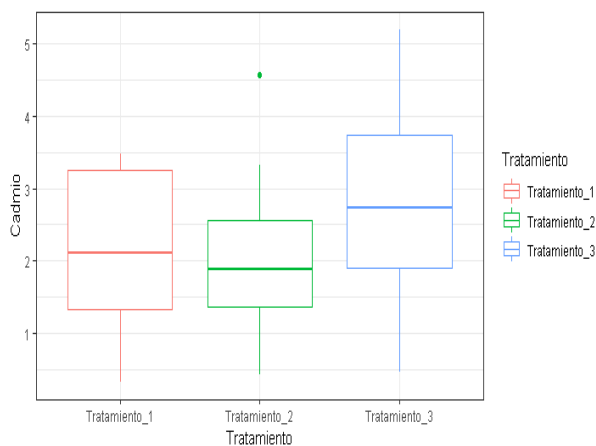
Los metales pesados se encuentran en rangos medios de acuerdo con el pH del suelo y a los contenidos de carbono orgánico son poco móviles.

9.1 Físicoquímicos

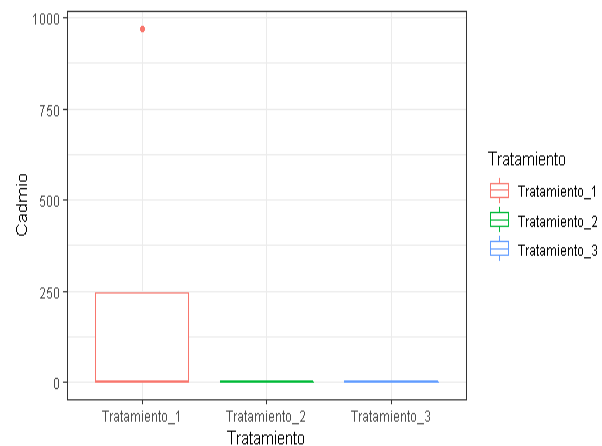
Los valores obtenidos en las muestras tomadas son representados en gráficos de cajas y bigotes o boxdrop, en los cuales se puede analizar la distribución de los diferentes datos numéricos, además, facilita la comparación entre los tres bioensayos, aclarando los resultados obtenidos y llevándonos a la definición del método de enmienda más efectivo para el cultivo. El análisis del tejido foliar fue omitido del análisis gráfico, debido a que sus niveles de concentración eran bastante bajos llegando a cero en cerca del 50 % de las muestras.

Gráfico 2. Análisis de Cadmio en el sustrato y en el tejido foliar

Sustrato



Tejido foliar



Fuente. Autores con R-Studio

Se obtuvo que la presencia de Cadmio en el sustrato es constante en los diferentes tratamientos debido a que el Cadmio está presente a lo largo de todo el Río Subachoque en concentraciones muy bajas con respecto al estándar de calidad para los usos de consumo humano y agrícola, menor a 0.01 mg/L y 0.2 mg/L respectivamente. (CAR, 2006).

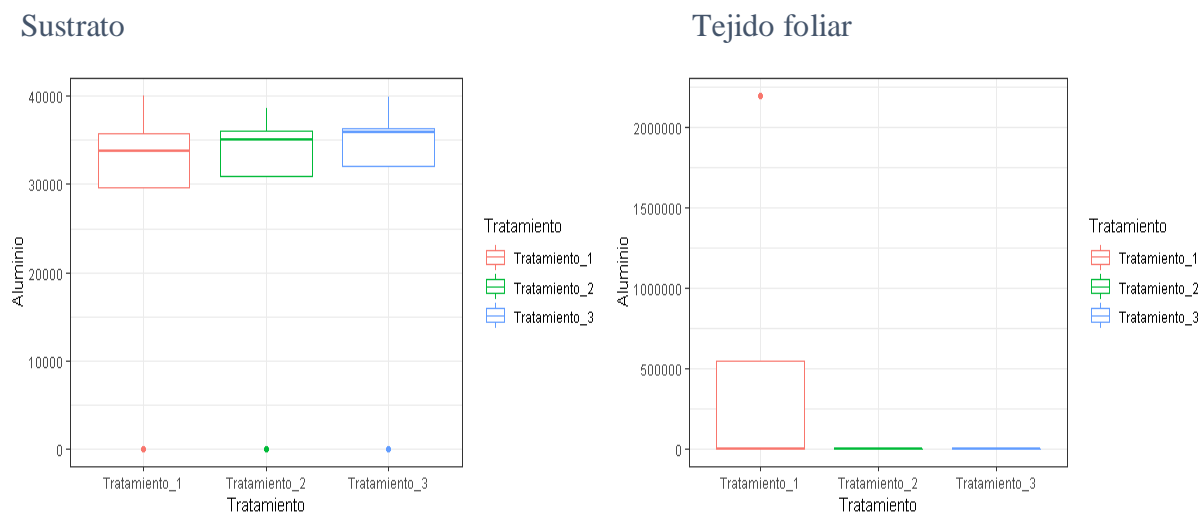
En su recorrido, el río Subachoque recoge las aguas de drenaje de la zona con mayor densidad de cultivos de flores del país, así como las aguas de cultivos de papa, zanahoria y hortalizas y de las aguas servidas por los municipios de Subachoque y Madrid. (ESPEJO, 2018).

Es introducido en el suelo por el uso de agroquímicos en la agricultura, el contacto con aguas residuales, el uso de aguas de riego que contengan este elemento o por la deposición sobre la superficie de partículas húmedas y secas que son arrastradas por el aire provenientes de procesos industriales. El Cadmio se moviliza a través del suelo dependiendo de factores como el pH y el

contenido de materia orgánica, a este último se adhiere fuertemente hasta entrar en contacto con la superficie radical de las plantas a través de una difusión de iones (Maria Acosta J. M., 2019), por supuesto, se puede observar que en las parcelas donde se aplicó el tratamiento 3, las variables se distribuyen de manera más uniforme encontrando concentraciones variadas, con una mediana más alta que en los otros tratamientos y valores de concentración más altos que las demás, de hecho, analizando los valores numéricos se encontró que el promedio de concentración del tratamiento 3 fue 2.79 ppm, mientras que el del tratamiento 1 y 2 fueron 2,3 ppm y 2,23 ppm respectivamente, siendo un poco más bajo.

En cuanto al tejido foliar, claramente se infiere que el Cadmio presente en las hojas del tratamiento 1 es mayor que en las hojas del tratamiento 2 y 3, debido a que la mediana es idéntica iniciando en 0 se encontró para el tercer cuartil valores entre el rango de 0 y 250 ppm. Este resultado arroja un contraste respecto a la gráfica del sustrato, pues se espera que sean las hojas del ensayo tres, las cuales tengan estos resultados, por supuesto esto está dentro de las posibilidades pues la toma de muestras se realizó de manera aleatoria.

Gráfico 3. Análisis de Aluminio en el sustrato y en el Tejido foliar



Fuente. Autores con R-Studio

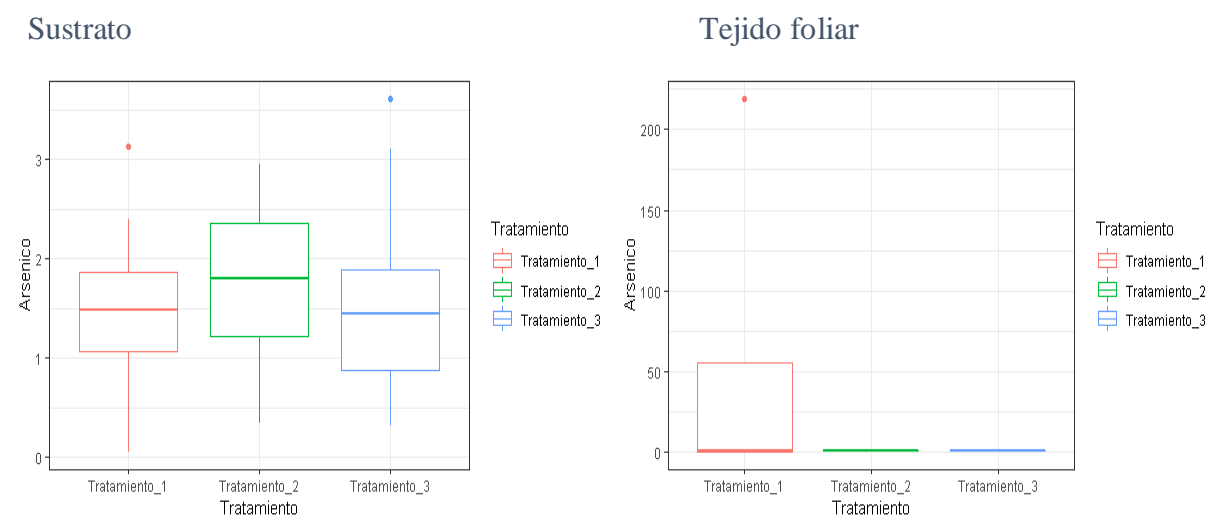
Un dato importante a inferir de los datos obtenidos en esta variable, es que en los tres tratamientos las distribuciones de las concentraciones están sesgadas hacia el tercer cuartil, indicándonos que en el terreno el Aluminio tiende a estar entre los 34000 y las 36000 ppm, y que este valor no se ve afectado por el tipo de tratamiento, mostrando una similitud también en los valores máximos encontrados en las diferentes muestras analizadas, observando el gráfico

también podemos notar que el tratamiento 1 y 2 presentan concentraciones más bajas respecto al ensayo 3, especialmente el tratamiento 1 sin embargo, la diferencia no es excesiva.

Debemos recordar que el Aluminio es un limitante del crecimiento en las plantas y cultivos, “El efecto inicial del estrés por Aluminio es la inhibición del crecimiento radicular, además, la acumulación de Aluminio indica que la sensibilidad al elemento ocurre en el ápice radicular; los mecanismos de resistencia a Aluminio están confinados principalmente en el ápice de la raíz”. (Guerrero, 2007). El Aluminio debido a su actividad de intercambio iónico reduce el pH del suelo.

En cuanto a las muestras de tejido foliar, las concentraciones de Aluminio encontradas en el tratamiento 1 demuestran que el 50% fueron nulas mientras que el otro porcentaje se encuentra en el rango de 0 a 500000 ppm, sin embargo, a diferencia de este las concentraciones en los otros tratamientos fueron totalmente nulo alegando, la ausencia de Aluminio en el material vegetal de la planta analizada, caso que también se observó con el Cadmio.

Gráfico 4. Análisis de Arsénico en el sustrato y en el Tejido Foliar



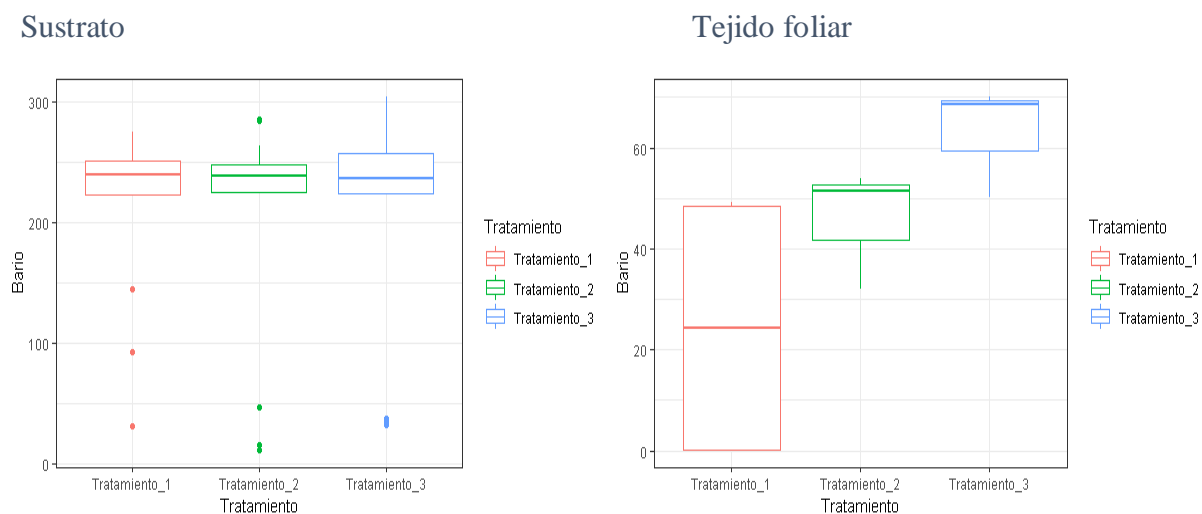
Fuente. Autores con R-Studio

Como se observa en el gráfico del sustrato, el Arsénico está presente en concentraciones mínimas, siendo inferiores incluso a otros metales como el Cadmio, en los diagramas se pueden ver medianas entre 1.5 y 1.7 ppm, sin presentar distribuciones sesgadas, aun así, se presentan valores atípicos o outlier, en el tratamiento 1 y 3 que pueden llegar hasta los 3.6, indicando que esta variable tampoco se ve comprometida por alguno de los diversos ensayos, de hecho los

valores de las muestras en las diferentes réplicas muestran concentraciones promedio de 1.6, 1.8, 1.7 ppm para los ensayos dejando poca variabilidad.

En cuanto al segundo gráfico, nuevamente el tejido foliar del tratamiento 1 son las que presentan una concentración de Arsénico, mientras que las otras no presentan ningún tipo de presencia del metal. Esta gran diferencia obedece a un resultado positivo ya que el Arsénico es uno de los elementos más tóxicos y las plantas suelen absorber bastante fácil ya sea por los fertilizantes o contaminación en las aguas de riego ocasionando daños en la salud humana, por esta razón se deduce que las plantas escogidas en el tratamiento 1 absorbieron los metales debido a su ubicación.

Gráfico 5. Análisis de Bario en el sustrato y en el Tejido Foliar

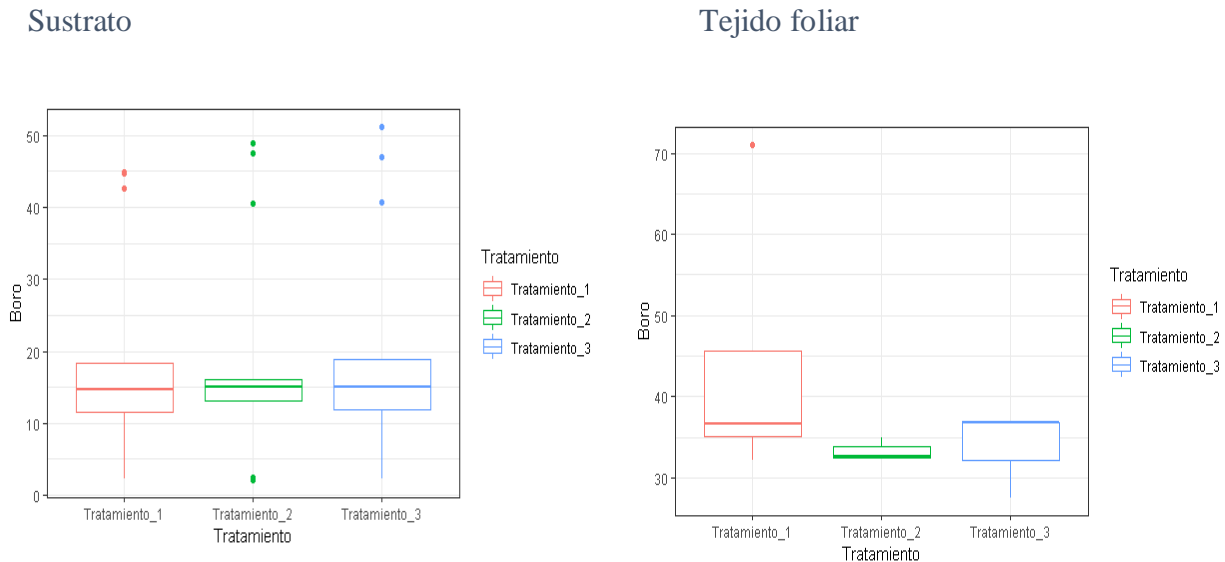


Fuente. Autores con R-Studio

Las distribuciones encontradas en esta variable son muy similares en los tres ensayos, evidenciando medianas casi idénticas y datos atípicos similares en los tres llegando a las mismas concentraciones máximas y mínimas, más del 75 % de los datos se distribuyen en concentraciones entre 220 y 270 ppm, las concentraciones máximas se encuentran en el tratamiento número tres, empezando a evidenciarse esta tendencia, en las diferentes variables, sin embargo, a pesar que las distribuciones en los análisis del sustrato son bastante semejantes, las encontradas en el análisis vegetal no lo son, si se presenta una clara diferencia entre los tres ensayos, siendo el número 3 el que presenta los mayores niveles de Bario. El 100 % de los datos evidenciados en el tejido foliar se encuentra por debajo de la concentración de 60ppm,

posiblemente las concentraciones en el suelo se deben a que en la agricultura se recurre a él como rodenticida, pero no presenta ninguna afectación en el fruto debido a que sus niveles son muy bajos y por ende tampoco a la salud humana.

Gráfico 6. Análisis de Boro en el sustrato y en el tejido foliar.



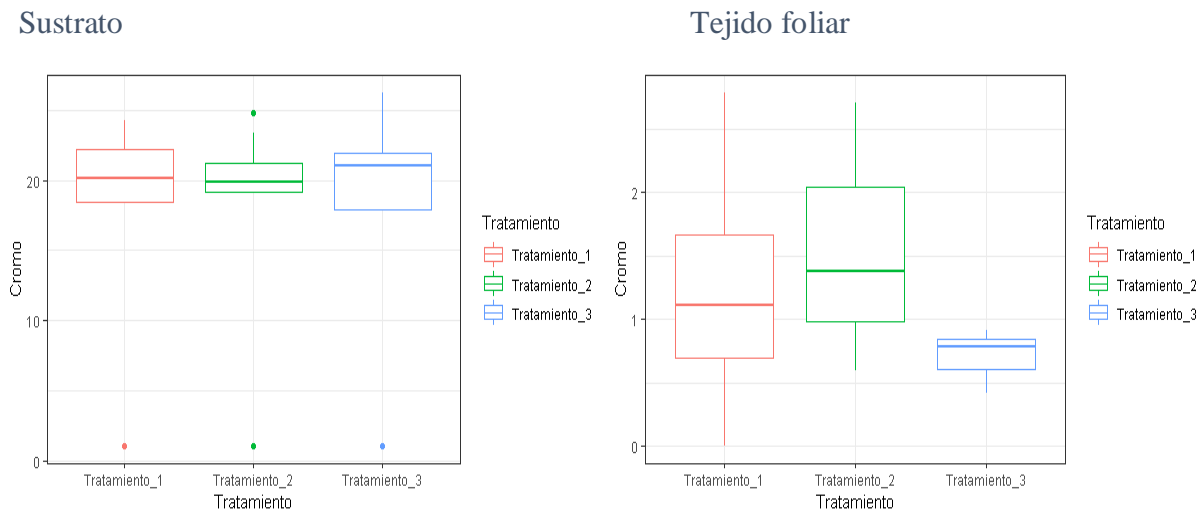
Fuente. Autores con R-Studio

Se hace necesario mencionar que, a diferencia de las anteriores variables, la presencia del Boro es positiva para el crecimiento y desarrollo de la planta pues este funciona como un micronutriente de las plantas, el cual mejora el rendimiento y calidad de las cosechas, (Acuña, 2005) especialmente durante la etapa reproductiva. En este caso las distribuciones de los datos, en el gráfico del sustrato, son también muy parecidas en los tres ensayos, presentando valores máximos y mínimos similares y medias que rondan en 15 ppm, el ensayo dos por su parte, es el que presenta una distribución menos amplia, sin embargo, no presenta concentraciones muy altas a diferencia de los otros ensayos, excluyendo por supuesto los valores atípicos. El ensayo 1 y 3 son muy similares. Cabe destacar que, en los tres tipos de enmiendas empleadas en los tratamientos, no se presenta porcentajes de contenido de Boro, por lo que esta variable no es influenciada por alguno de estos.

En el segundo gráfico, a pesar de que se muestran diferencias y sesgos en cada una de las cajas, la mediana de cada una de estas se encuentra entre el rango de 33 y 37 ppm, lo cual no

genera una gran diferencia, por supuesto esto también puede ser comparado a los análisis de esta variable o elemento en el sustrato.

Gráfico 7. Análisis de Cromo en el sustrato y en el tejido foliar.

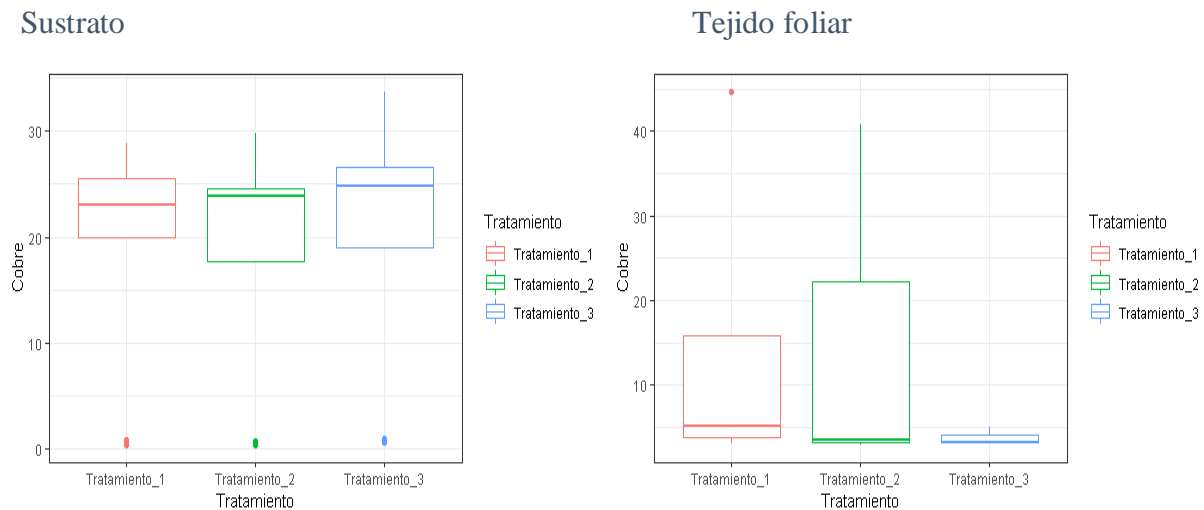


Fuente. Autores con R-Studio

Aunque las medianas mostradas en los tres ensayos son parecidas, el ensayo tres vuelve a mostrar un mayor número de datos con concentraciones altas, ya que su mediana está sesgada hacia el tercer cuartil con el 50% de las concentraciones obtenidas en el análisis de muestras de este ensayo por encima de 22 ppm a diferencia de la caja del ensayo 2 la cual tiene el 75% de sus datos o concentraciones obtenidas, por debajo de 22 ppm, el ensayo 1 no es tan positivo como el 2 pero aun así presenta mayor número de datos con concentraciones más bajas que el ensayo 3, estas diferencias no son tan grandes, sin embargo el tratamiento tres supera al tratamiento dos por casi 4 unidades es decir cerca de un 20 % más altas.

En cuanto a el tejido foliar, las plantas usualmente absorben Cromo, pero en concentraciones bajas, esta clase de Cromo es esencial, como se encontraron en los resultados que los tres tipos de tratamientos estaban por debajo de 2 ppm, pero cuando exceden su valor ya sea por la acidificación del suelo que influye en la captación de Cromo por los cultivos, causa efectos negativos para el fruto y para la salud humana.

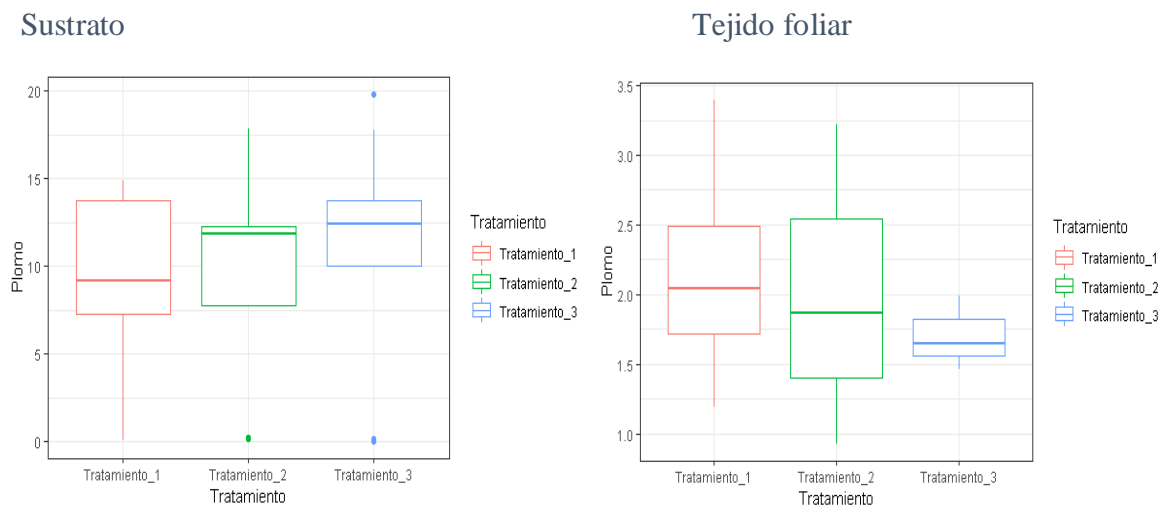
Gráfico 8. Análisis de Cobre en el sustrato y en el Tejido Foliar



Fuente. Autores con R-Studio

Podemos inferir que, las tendencias de concentraciones más altas para el sustrato se encuentran en el ensayo tres, teniendo un comportamiento similar en los diferentes bioensayos. En las plantas, se encuentra bajas concentraciones para el tratamiento tres siendo un resultado positivo ya que el cobre activa ciertas enzimas implicadas en la síntesis de lignina y es esencial para diversos sistemas enzimáticos, es necesario en el proceso de la fotosíntesis, ayuda a la respiración de las plantas siempre y cuando se evidencie que las concentraciones no superan 10 ppm, de lo contrario aumentan la acidez y la presencia de materia orgánica. Causando problemas en la agricultura como posiblemente está pasando en los tratamientos uno.

Gráfico 9. Análisis de Plomo en el sustrato y en el tejido foliar.

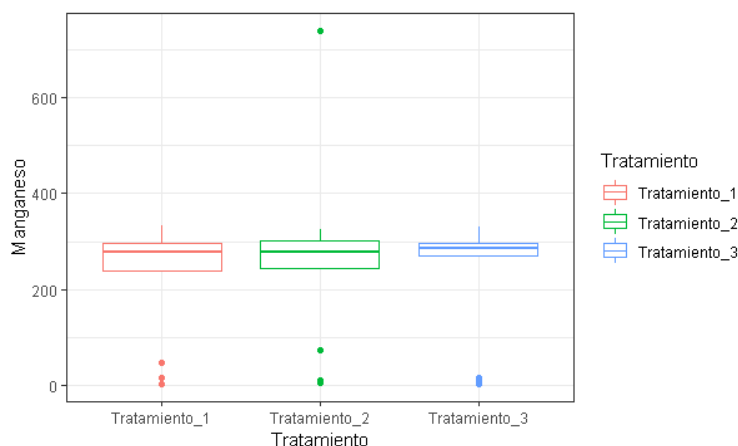


Fuente. Autores con R-Studio

Para este metal, el tratamiento 1, tiene mejores resultados a partir de las muestras tomadas, debido a que, presenta las menores concentraciones de los tres ensayos o tratamientos, teniendo una distribución de datos, con concentraciones más bajas, su mediana como se puede observar se encuentra sesgada hacia el segundo cuartil llegando a concentraciones mínimas de aproximadamente 0 y concentraciones máximas de 15 ppm, menores que los otros ensayos, dejando al tratamiento 3 como el menos eficiente en cuanto a esta variable, pues denota una distribución de valores tendientes a concentraciones elevadas respecto al rango de valores encontrados entre 0 y 20 ppm de las parcelas.

La cantidad de Plomo absorbido por las plantas concuerda con la baja cantidad de Plomo encontrados en los sustratos, pues las concentraciones en los dos tipos de análisis, de planta y sustrato, demuestran que este metal se encuentra en menor cantidad que otros como el Bario, Cobre o Cromo, teniendo en cuenta que este es uno de los más peligrosos para la salud humana y en algunos casos puede ser cancerígeno. También se evidencia que en todos los análisis las medianas de los tres tratamientos son muy similares, caso que se repite en las gráficas de los sustratos, también genera efectos adversos en las etapas de imbibición, germinación y crecimiento, de las plantas, alterando el proceso normal de desarrollo. Estos efectos se dan dependiendo el tiempo de exposición.

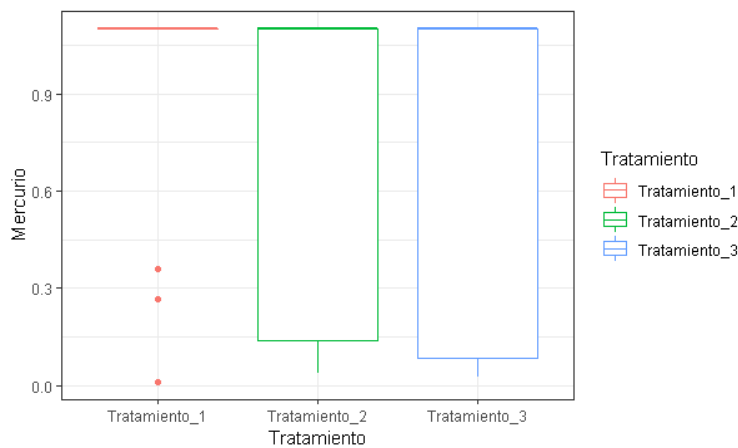
Grafico 10. Análisis de Magnesio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

Esta variable no presenta particularidades en cuanto a diferencias entre los tratamientos, por tanto las cajas arrojan medianas similares, así como cuartiles también entre rangos similares, el tratamiento 3 por su parte presenta una menor distribución de datos, con concentraciones altas entre el rango encontrado en los tres ensayos, igualmente se puede evidencia el parecido de los outliers encontrados en los tres tratamientos, con concentraciones aproximadas a 0 ppm, lo que demuestra que este metal en particular no se ve afectado por el tipo de tratamiento.

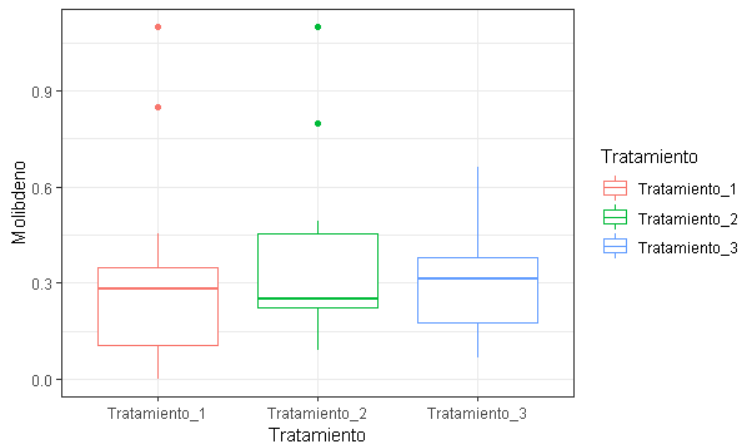
Gráfico 11. Análisis de Mercurio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

Las concentraciones de Mercurio son bastante mínimas, encontrando que en las parcelas del tratamiento 1 se encuentran los datos con la menor distribución con valores máximos similares, con concentraciones de un poco más de 1.05 ppm, debemos recordar, que el Mercurio inorgánico es el que no puede ser asimilado por las plantas y es tóxico, bioacumulándose en los organismos que consuman, en este caso, las fresas de los cultivos, por supuesto con la cantidad presente en las parcelas, esto no genera una gran preocupación.

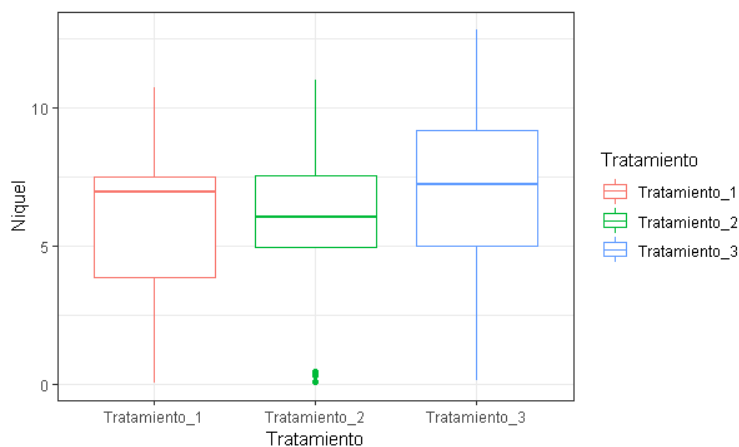
Gráfico 12. Análisis de Molibdeno en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

Las cajas muestran al tratamiento 2 como aquel que posee la menor mediana, aunque no sea muy diferente a la de los otros tratamientos, teniendo en cuenta que las concentraciones se encuentran en el rango de 0 a 0.6 ppm, lo que hace que las variaciones entre los tratamientos sean insignificantes y puedan ser obviadas, sin embargo, se presentan algunos valores atípicos que pueden llegar a ser de un poco más de 1.

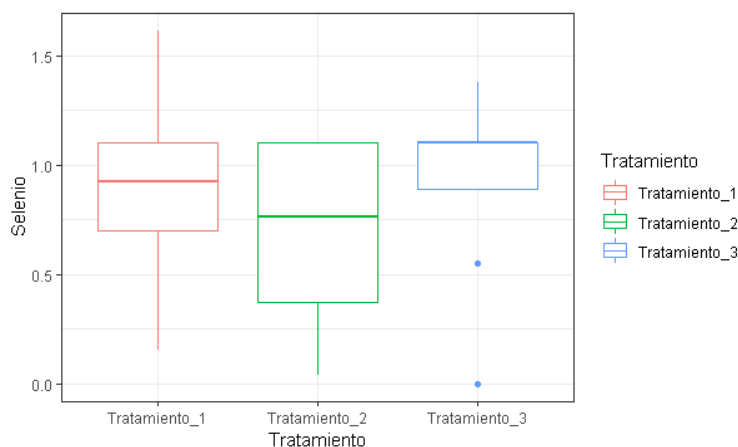
Gráfico 13. Análisis de Níquel en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

El Níquel se presenta en concentraciones mayores a los dos anteriores metales registrados con una escala de 0 a 5 ppm, este elemento se usa como catalizador en las enzimas que ayudan a fijar el Nitrógeno. Las con las concentraciones más elevadas entre los tres ensayos se presentaron en el tratamiento 3, sin embargo, la mediana de los tres tratamientos no supera la concentración de 7.5 ppm, siendo el tratamiento 2 el que presenta la mediana más baja, sin embargo, la distribución de los valores hacia concentraciones bajas no es tan amplia como la de los otros ensayos.

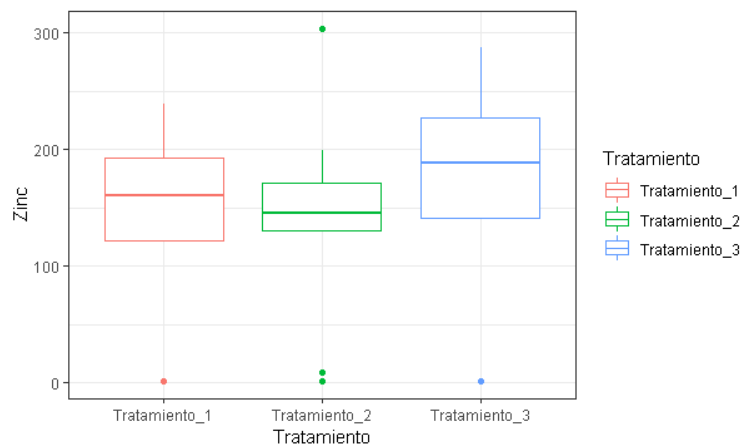
Gráfico 14. Análisis de Selenio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

En esta gráfica en particular, el tratamiento 3 muestra que su mediana está claramente sesgada hacia el tercer cuartil, por lo que presenta un mayor número de valores con concentraciones altas, mostrando que entre el 75% y 95% de sus valores se encuentra por encima de 0.85 ppm, mientras que por ejemplo el tratamiento 1 y 2 presentan el 50 % de sus valores por debajo de esta concentración, por supuesto el rango de los tratamientos es de 0 a 1.5 ppm aproximadamente, lo cual es menor que otros metales como por ejemplo el Níquel, encontrando que el Selenio se ve en menor cantidad en las parcelas, no generando una amenaza para el cultivo y el consumidor.

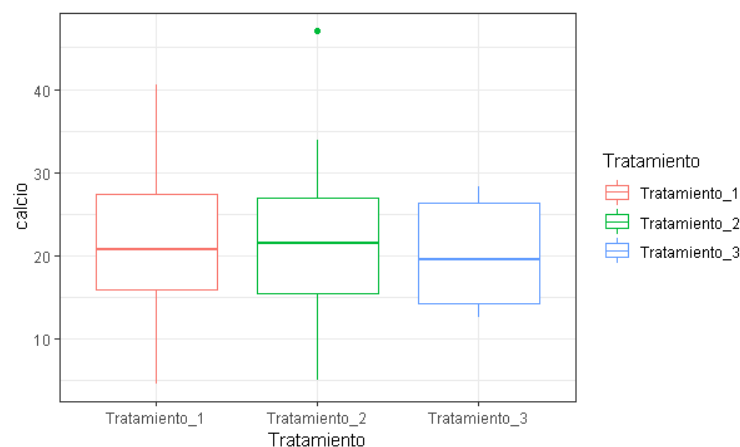
Gráfico 15. Análisis de Zinc en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

El Zinc es considerado otro micronutriente en las plantas, encontrando pocas cantidades de este en sus tejidos foliares, entre 15 y 60 ppm, es utilizado para la formación de proteínas y otros procesos, cuando hay toxicidad por este elemento por lo general el pH del suelo suele ser bajo pues así se facilita su absorción, (Bloodnick, 2018) en la gráfica se observa que presenta datos con mayor concentración vuelve a ser el tratamiento 3, observando que casi el 75 % de los valores del tratamiento 2 están por debajo de la mediana del tratamiento 3, el cual muestra valores máximos de hasta 290 ppm, en algunas análisis de muestras se presentaron datos atípicos de 0, lo cual es importante mencionar, pues cuando hay ausencia de Zinc en el suelo, es importante que la enmienda o fertilizantes utilizados tengan unas cantidades de este elemento.

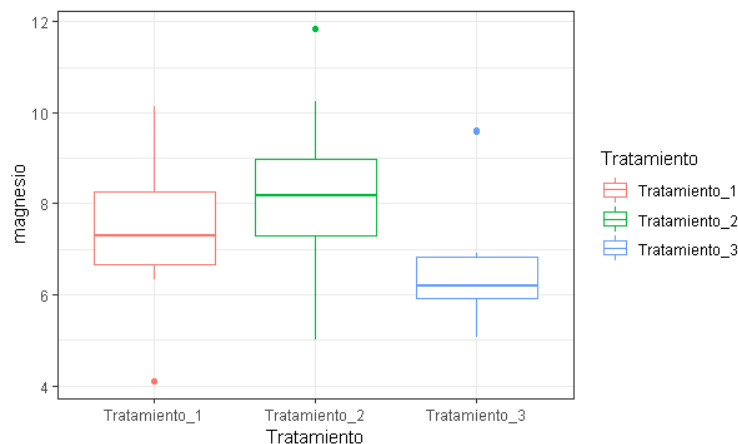
Gráfico 16. Análisis de Calcio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

El Calcio por su parte es un macronutriente muy importante para el desarrollo de la planta y también influye en el pH del suelo, a diferencia de elementos anteriores analizados o representados con el diagrama, el tratamiento 1 fue quien presentó los valores máximos de concentración, sin embargo, el tratamiento 2 tuvo la mediana más alta por lo que los valores entre esta y el cuartil 3 se distribuyen en valores mucho más altos, sin embargo, la diferencia entre los ensayos no es muy grande. Es muy importante tener en cuenta esta variable pues este es uno de los nutrientes que más absorben las fresas durante su desarrollo, junto con el Potasio. (Edilberto Avitia García, 2014)

Grafico 17. Análisis de Magnesio en el sustrato

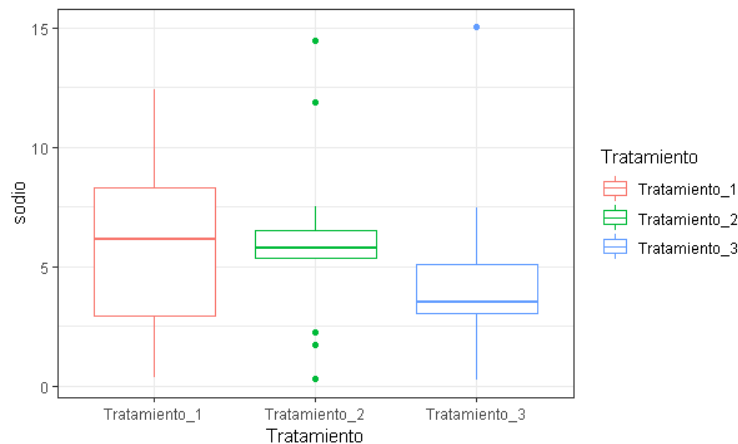


Fuente. Autores con R-Studio

Otro Macronutriente sumamente importante para el desarrollo vegetal, este es ampliamente conocido por su papel en la formación de la clorofila, y por ende de la fotosíntesis, la falta de Magnesio no solo está asociada a la ausencia de este elemento sino también al pH y la humedad en los suelos, enmiendas que propicien la buena humedad y la no acidificación en el suelo son los más idóneos para que los macronutrientes puedan ser absorbidos. En el gráfico podemos observar que el tratamiento 3 tiene la menor concentración de Magnesio, observando que aproximadamente el 100% de los valores se encuentran concentraciones por debajo de 7 ppm; el tratamiento 2, presenta su mediana por encima del tercer cuartil del tratamiento 1, es decir que el 50 % de sus valores se encuentran por encima de la concentración 8 ppm, de esta manera el tratamiento 2 resulta ser el más efectivo entre todos, puesto que brinda al suelo mayor concentración de este elemento, considerando que la concentración de Magnesio en el blanco fue

de 6.69 ppm, mientras que la concentración promedio en el tratamiento 2 fue de 8.18 ppm mayor al del tratamiento 1 y 3 que fueron 7,5 y 6.66 ppm.

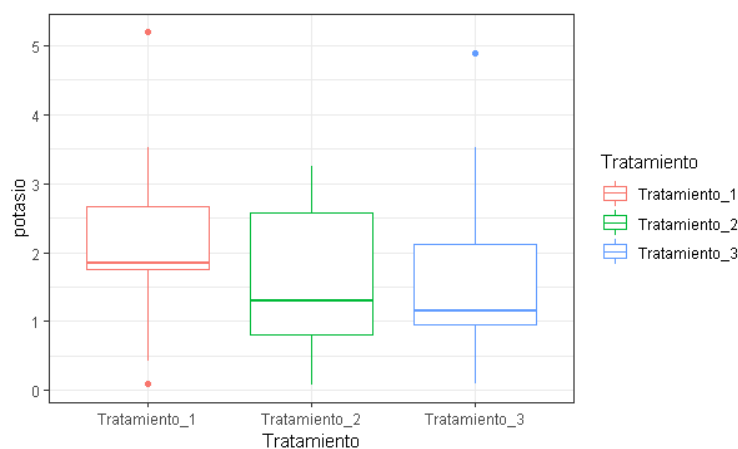
Gráfico 18. Análisis de Sodio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

El rango de concentraciones resulta no ser muy alto en las parcelas, entre 0 y 13 ppm, con valores atípicos de hasta 15 ppm, el tratamiento 3, resulta ser el que posee valores más bajos, distribuidos en concentraciones más bajas, por su parte el tratamiento 1 y 2 presentan medianas similares, siendo el ensayo 1 el que presenta los valores máximos, sin embargo, el tratamiento 2 no presenta una distribución amplia mientras que el 1 resulta ser el que posee mejor distribución, compartiendo los dos tratamientos una eficiencia muy similar.

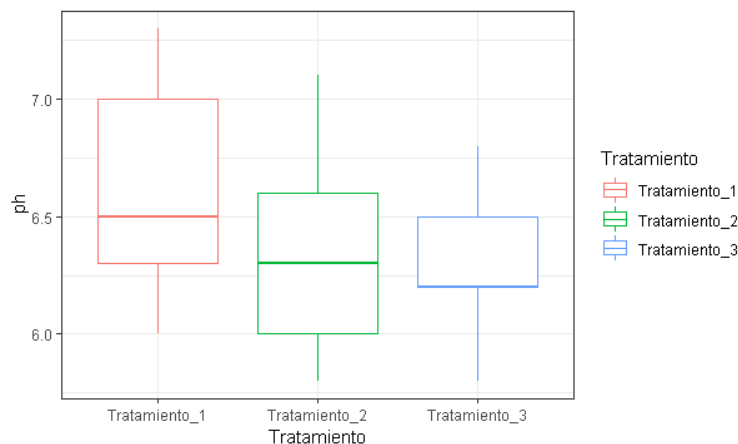
Gráfico 19. Análisis de Potasio en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

Se observa que cuando se trata de macronutrientes el tratamiento 3 siempre se queda corto, respecto al tratamiento número 1 y 2, para esta variable el tratamiento 1 resulta ser el más eficiente pues, su mediana es más alta que los demás tratamientos y presenta un obvio sesgo hacia el primer cuartil, dándonos a entender que presenta un porcentaje mayor de valores con concentraciones más altas que los otros tratamientos, sin embargo hay que mencionar que el rango de concentración de este elemento en las parcelas de los diferentes ensayos es de 0 a 3.5 ppm con algunos outliers de hasta 5 ppm, siendo el menor rango entre los macronutrientes analizados, por lo que hace que las diferencias entre los tratamientos no sean tan relevantes.

Gráfico 20. Análisis de Potasio en el sustrato

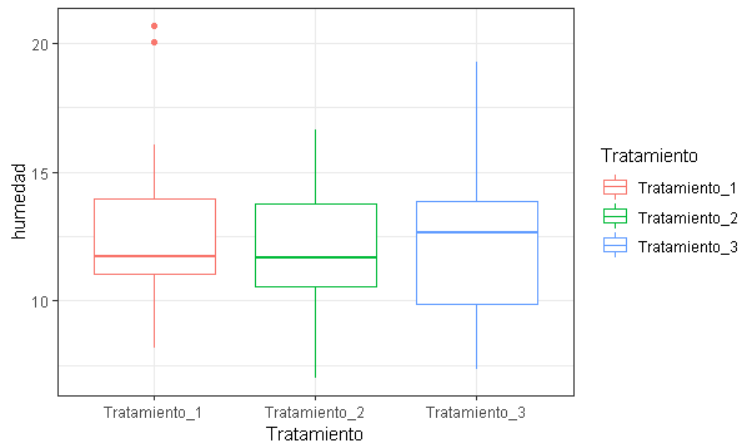


Fuente. Autores con R-Studio

El pH es uno de las variables más importantes pues a partir de esta se puede establecer, algunas reacciones que se generarán en el suelo, así como la absorción y movilización de diferentes iones, lo que se necesita, en general es un pH equilibrado que no esté por debajo de los 5.5 y mejor aún por debajo de 6, a partir de los tratamientos realizados se encontró que el tratamiento 3 es el que posee o genera un pH menor, con la mediana más baja, claramente por debajo de los 6.25, con un sesgo abismal hacia su primer cuartil dejando un poco más del 50 % de sus valores por debajo de dicha concentración con valores mínimos por debajo de 6 aproximándose a 5.5, el tratamiento 2 es un poco más favorable, con una mayor distribución, por supuesto el que presenta la mayor eficiencia, en cuanto a esta variable, el pH es el tratamiento 1 el cual presenta una media de 6.5 ppm, con un sesgo hacia su primer cuartil, así en cuanto a los datos más altos, cerca del 25% de sus datos se encuentran por encima de 7 ppm

generando un pH bastante neutro, con condiciones de buffer que puedan aminorar el impacto de la aplicación de agentes químicos como pesticidas y demás que puedan llegar a tener metales u otras sustancias y elementos que disminuyan el pH, o que sirva para el tratamiento de suelos levemente acidificados.

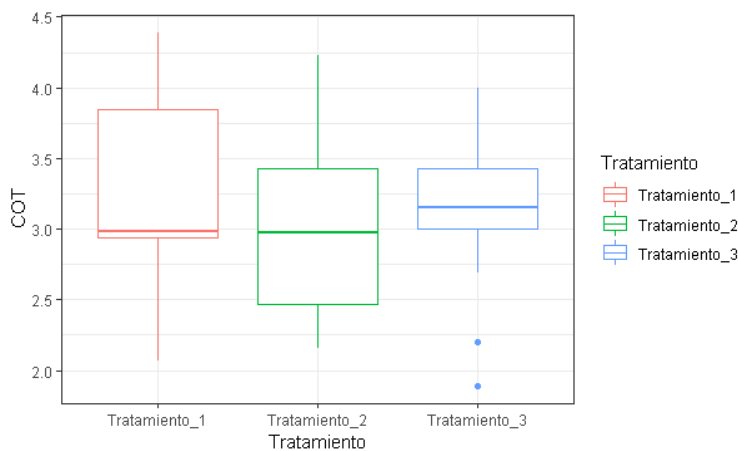
Gráfico 21. Análisis de humedad en el sustrato



Fuente. Autores con R-Studio

La humedad muy importante ya que mediante esta se generan algunas reacciones, resultó ser una variable que no dista mucho en los diferentes tratamientos, como se observa anteriormente la enmienda utilizada en el tratamiento 2 y 3 presentan humedad máxima similar en 15% y 14.8%, por supuesto la enmienda del tratamiento 1 se encuentra en un rango cercano de esa humedad máxima, variaciones grandes en la humedad entre las parcelas ya no son dependientes del tratamiento utilizado.

Gráfico 22. Análisis de carbono orgánico total (COT) en el sustrato

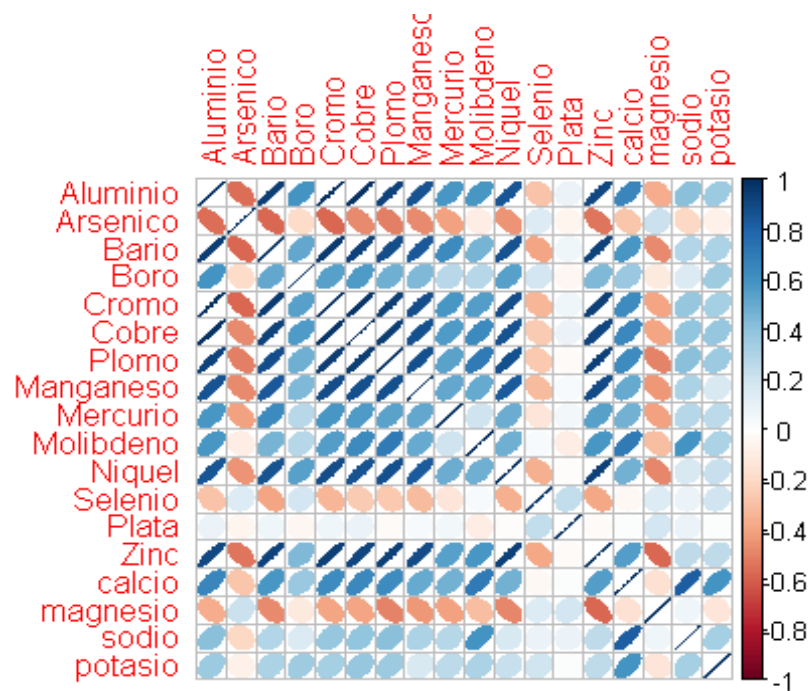


Fuente. Autores con R-Studio

Un resultado que rompió la tendencia se puede observar en esta variable, pues esta vez el tratamiento menos eficiente respecto al Carbono orgánico Total es el tratamiento número 2, pues aunque presenta valores máximos por encima de los del tratamiento 3, la distribución de este último es menos amplia que la del dos, especialmente cuando observamos que el primer cuartil del tratamiento 3 está levemente por encima de la mediana del número 2, es decir, que casi un 75% de los datos o de las muestras, del ensayo 3 están por encima de 3, mientras que el ensayo 2, solo presenta 50 % por encima de este valor, ahora bien el tratamiento 1 presenta valores más altos que los otros y la mediana si bien tiene un sesgo hacia el cuartil 1, este se encuentra ubicado en un valor alto generando muy poca distribución en los valores entre este y la mediana, analizando el bigote inferior del tratamiento 1 podemos concluir que su distribución es muy amplia, más que la del tratamiento 3 por lo que se puede decir que las enmiendas son similares en su eficiencia respecto al COT.

Indudablemente de las gráficas analizadas se puede concluir que el menos eficiente es el que fue utilizado en el tratamiento 3, pues cuando se trata de metales pesados presenta valores mucho más altos que los otros y la distribución de los valores se concentra en rangos con mayor concentración por otra parte cuando se trata de macronutrientes, presenta los datos más bajos y distribuciones sesgadas hacia este tipo de valores, por último, presenta los valores con pH más bajos. El tratamiento 2 presenta el mejor rendimiento cuando se trata de metales, con distribución de datos sesgados hacia valores o concentraciones bajas, con los porcentajes amplios de este tipo de distribución, en cuanto a macronutrientes, el que presenta los valores más altos es el tratamiento 1, sin embargo, el tratamiento 2 presenta datos menos distribuidos con medianas idénticas a las del tratamiento 1, esto quiere decir que los datos del tratamiento 2 son más confiables, en ese orden de ideas la enmienda utilizada en el tratamiento 2 es el más eficiente respecto a los utilizados en los otros bioensayos. Observando las comparaciones entre los gráficos de análisis del sustrato y el tejido foliar en los primeros 8 elementos, se observa que las tomas de muestra del tratamiento 1 presentan los mayores niveles de absorción, excepto con el Bario, esto puede deberse a la ubicación donde se tomaron las muestras, ya que la gráfica del pH de este tratamiento muestra los niveles más altos, dando a entender que la absorción no se debe a esta variable.

Gráfico 23. Relación de sinergia entre elementos



Fuente. Autores con R-Studio

Como se puede inferir a partir de los análisis, las enmiendas utilizadas, presentan ciertas fortalezas y todos están diseñados para servir como agente recuperador del suelo y fortalecedor del desarrollo de las plantas, puesto que aportan cantidades de carbono y nutrientes tanto micro como macro nutrientes, que permiten aliviar la carga que representan las cosechas sobre el suelo, sin embargo, en términos de eficiencia, al comparar los tres ensayos el tratamiento número dos fue el que presentó los mejores resultados pues se encontraron distribuciones de concentraciones de metales bajas en las tomas de muestras realizadas tanto en el sustrato como en el tejido foliar, y distribuciones altas en macronutrientes y bases intercambiables, así como en características como pH, humedad y carbono, además este tratamiento arrojó los mejores resultados en concentraciones de Magnesio, el cual es uno de los nutrientes que más absorbe el cultivo de fresa durante su desarrollo temprano, enseguida de este ensayo, el tratamiento 1 presentó gran rendimiento, pues aunque llegó a presentar valores con rangos más amplios, su distribución también fue más amplia, arrojando porcentajes de datos menos favorables que el tratamiento 2, por su parte el tratamiento 3 resultó ser el menos eficiente, pues presentó los valores más altos en el análisis de metales y los más bajos en cuanto a bases y macronutrientes, con algunas excepciones como con el Zinc, en las cuales arrojó los valores más favorables.

A pesar de la sobreutilización del suelo en la finca las mercedes para la agricultura, el suelo presenta unas condiciones favorables de humedad, debido a la cercanía con las afluentes y se evidencio que los tratamientos a lo largo del desarrollo del cultivo permiten al suelo conservar sus propiedades como la humedad ya mencionada y el pH, sin verse afectado por el cultivo, en algunos casos como en el del COT, se observó en las diferentes tomas de muestra y análisis de laboratorio, que durante las primeras etapas de desarrollo el valor de esta variable disminuyó a comparación con los resultados del blanco sin tratamiento, pero a medida que pasó el tiempo los valores de carbono orgánico total en las diferentes parcelas aumento, demostrando que las enmiendas sirvieron como apoyo a las características del suelo y al mantenimiento de nutrientes en este ayudándolo tanto en la recuperación como en el mantenimiento y mejoramiento.

9.2 Microbiológicos

Los parámetros microbiológicos analizados en los tres tratamientos son E. Coli y coliformes totales. A continuación, se evidencian el resultado promedio de las muestras examinadas de cada tratamiento y la muestra sin tratar (Blanco).

Tabla 15. Resultados microbiológicos

Tratamiento	Resultado promedio E. Coli (NMP/g)	Resultado promedio Coliformes totales (NMP/g)
Sin tratar (blanco)	<1,4E+02	>3,5E+05
Tratamiento 1	6,9E+02	1,2E+05
Tratamiento 2	8,4E+02	7,5E+05
Tratamiento 3	5,3E+02	8,2E+05

Fuente. Autores con datos CAR (Análisis de laboratorio)

En los siguientes gráficos se observan los resultados promedio de cada uno de los tratamientos y las muestras en blanco de E. Coli y Coliformes totales.

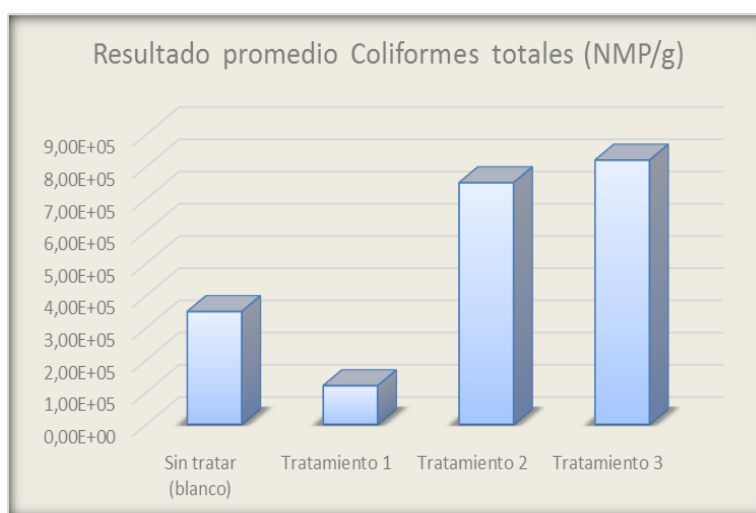
Gráfico 24. Resultados promedio Microbiológicos E. Coli



Fuente. Autores con datos CAR (Análisis de laboratorio)

Para E. Coli se evidencia que los resultados son similares en el tratamiento 1 y 2 y con una leve diferencia en el tratamiento 3, el resultado de la muestra en blanco muestra unos niveles más bajos en E. Coli, por lo cual se puede relacionar que los niveles más altos en los tratamientos se deben a la adición de los tipos de enmienda utilizados que contienen gallinaza y/o bovinaza y no del agua por lo cual se encontraron resultados similares con la muestra en blanco.

Gráfico 25. Resultados promedio Microbiológicos Coliformes totales



Fuente. Autores con datos CAR (Análisis de laboratorio)

Por otra parte, los coliformes totales muestran niveles más altos en los tratamientos 2 y 3, encontrado resultados bajos en el tratamiento 1, incluso menores a la muestra sin tratar (blanco). En este caso es recomendable la higienización de la enmienda para bajar los niveles de E. Coli y Coliformes totales y que al utilizarlo como enmienda no afecte al cultivo y al consumidor por trazas de estos parámetros.

Los bioensayos utilizados contienen trazas de E. Coli y de coliformes totales que no afectan al suelo o al cultivo, esto según lo reportado por el proveedor de los tratamientos, según los resultados de los análisis realizados en los laboratorios de la CAR, los rangos son similares a los del producto, sin embargo, se debe realizar seguimiento para que los cultivos no se vean afectados en acumulación en los frutos y lleguen a afectar la salud de los consumidores. Del mismo modo, es adecuado tener en cuenta que estos parámetros afectan al cultivo en bioacumulación según el tipo de producto, se ven afectados en mayor rango los cultivos como los tubérculos que son en tierra que los frutos que son de plantas aéreas, además algunas plantas tienen son bioacumulables y no llegan a afectar al fruto.

CAPITULO X

10. Conclusiones

- Los bioensayos analizados anteriormente podemos concluir que el tratamiento 3, elaborado 100% a base de gallinaza fue el menos eficiente ya que en sus resultados mostro el mayor contenido de metales pesados, bajos contenidos de bases y respecto al blanco subió el contenido de coliformes totales y E. Coli. Por otro lado. El tratamiento 1 no mostro cambios significativos y su comportamiento en cuanto a los metales, las bases, los coliformes y la E. Coli se mantuvo estable, finalmente se logra evidenciar que el tratamiento 2 fue el más idóneo para el suelo ya que sus resultados mostraron que los metales pesados no tuvieron contenidos elevados, mostro mayor contenido de bases, en la E. Coli y coliformes totales tuvo menor concentración con respecto al tratamiento 3.
- En las características fisicoquímicas se observa que los metales pesados tuvieron una movilidad mínima hacia el tejido foliar, caso que no ocurrió con las bases ya que estas se transportan por medio de estomas. Para los parámetros como el carbono orgánico total (COT) y el Ph se logró mantener neutro antes y después de la aplicación de los bioensayos, el porcentaje de humedad si tuvo bastantes cambios debido a las condiciones del tiempo y finalmente las características microbiológicas del suelo si tuvo un cambio notorio asociándose con el agua de riego y de la composición de los tratamientos.
- En los bioensayos analizados se refleja que el tratamiento 1 presento gran rendimiento en cuanto a los parámetros analizados. Sin embargo, el tratamiento 2 no mostro movilidad significativa de metales al suelo, pero sí de las bases cambiables y finalmente el tratamiento 3 se manifestó con las concentraciones más altas de metales pesados y coliformes totales.
- La mejor alternativa para el suelo de la finca las Mercedes claramente resulta ser el tratamiento 2 debido a que en su comportamiento presenta las características que lo hacen ser un agente recuperador del suelo y fortalecedor para el desarrollo de las plantas, teniendo gran contenido de magnesio que es absorbido en grandes cantidades por el cultivo de fresa, con un Ph

neutro y la cantidad necesaria de carbono orgánico total (COT) para no permitir la movilidad de los metales pesados.

- El tratamiento 2 presentó mejores resultados, ya que su composición contiene fuentes orgánicas (aserrín, bovinaza, ruminaza, viruta, residuos vegetales y residuos industriales de alimentos), debido a que registró los valores más bajos de metales en el suelo y en las plantas.
- Se determinó que las bajas concentraciones de micronutrientes en las plantas se presentaron por la ausencia de fertilización foliar, ya que estos se absorben principalmente por las estomas y en bajas proporciones, al contrario de lo que sucede con los metales pesados, los que se acumulan y absorben radicularmente.
- Finalmente, en el análisis general de los metales pesados se evidencia la degradación química del suelo, ya que algunos de estos pasan sus niveles permisibles causando malformaciones al fruto.

CAPITULO XI

11. Recomendaciones

- Tener en cuenta el análisis de agua para hacer la relación (suelo, planta y agua) con el fin de poder analizar todas las variables que de alguna u otra manera cambian el comportamiento del suelo y nos permite tener resultados más certeros y óptimos.
- Emplear agua de riego que cumpla con los rangos establecidos según la normatividad legal vigente de agua para uso agrícola
- Realizar una comparación del tratamiento químico con las enmiendas utilizadas en el proyecto para evaluar el costo/beneficio del uso de los tratamientos y así poder identificar las diferencias existentes en cada uno de ellos, con el fin de saber cuál presenta mejor comportamiento y rentabilidad.
- Es importante la higienización de la enmienda utilizada para reducir el valor de la E. Coli y coliformes totales a cero, con el fin de evitar riesgos para la salud de los consumidores.
- Se hace necesario hacer un análisis del fruto para lograr evidenciar el comportamiento y la movilidad de los metales.
- Es necesario que las autoridades competentes continúen realizando estudios en la zona para poder elaborar normas que contengan los niveles permisibles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos óptimos para suelos de agricultura.

CAPITULO XII**12. Bibliografía**

- Acuña, A. M. (2005). Soils as boron source for plants. *Revista Científica UDO Agrícola, Postgrado en Agricultura Tropical, Campus Juanico, Universidad de Oriente-Núcleo de Monagas, Maturín-estado Monagas.*, pp 6201.
- Alcaldía De Madrid Cundinamarca. (12 de 04 de 2018). *Nuestro Municipio*. Obtenido de Nuestro Municipio: <http://www.madrid-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2009). Cambio Climático y agricultura Campesina: impactos y respuestas adaptativas. *Universidad de California, Berkeley USA*, pp, 1-15.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2012). agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecologica. *agroecología*, 1.
- American Psychological Association. (2016). *Normas APA 6ta edición*. Massachusetts, Estados Unidos.
- Baldemar Hernández de la Cruz, O., Sanchez Hernández, R., Ordaz Chaparro, V. M., López Noverola, U., Estrada Botello, M. A., & Pérez Méndez, M. A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (6), 1273-1285.
- Bloodnick, E. (2018). La función del zinc en el cultivo de plantas. *promix*.
- car. (17 de 10 de 2006). *corporación autónoma regional de cundinamarca*. obtenido de https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/6/40506/Colombia_CAR_Acuerdo43_2006.pdf
- CAR. (20 de 11 de 2018). *CAR*. Obtenido de CAR: <https://www.car.gov.co/vercontenido/2215#>
- CAR. (28 de 10 de 2018). *CAR*. Obtenido de CAR: <https://www.car.gov.co/vercontenido/109>
- CAR. (09 de 08 de 2018). *DLIA*. Obtenido de DLIA: <https://www.car.gov.co/laboratorio/inicio>
- Congreso de la República. (1973). *Ley 23 de 1973*. Bogotá.
- Congreso de la República. (1991). *Constitución política de Colombia*. Bogotá.
- Congreso de la República. (1997). *Ley 388 de 1997*. Bogotá.
- Cotler, H., Cram, S., Martínez Trinidad, S., & Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 88, 6-18.
- Crespo, G. (2011). Comportamiento de la materia orgánica del suelo en pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (4), 343-347.

Daza Torres, M. C. (2014). Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maíz (*Zea mays*). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(3), 22-30.

Diaz, E. B. (2008). Distribucion Del Contenido De Carbono Orgánico En Agregados De Diferentes Tamaños, Procedentes De Varios Sistemas De Uso Y Altitudes En Suelos De La Cuenca Del Rio Cauca, Colombia. *Distribucion Del Contenido De Carbono Organico En Agregados De Diferentes Tamaños, Procedentes De Varios Sistemas De Uso Y Altitudes En Suelos De La Cuenca Del Rio Cauca, Colombia*, 04.

Edilberto Avitia García, J. P. (2014). Nutrient extraction in strawberry (*Fragaria x Ananassa Duch.*). *Universidad Autónoma Chapingo- Departamento de Fitotecnia y suelos. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México.* , P. 56230.

ESPEJO, L. M. (30 de 12 de 2018). Obtenido de liceo marta donoso espejo: http://instmat.utalca.cl/tem/sitiolmde/primero/guias-liceo/recuperacion/Diagrama_de_Caja_y_Bigotes-2.pd

Estupiñán, L. H., Gómez, J. E., Barrantes, V. J., & Limas, L. F. (2009). Efecto De Actividades Agropecuarias En Las Características Del Suelo En El Páramo El Granizo (Cundinamarca - Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 12(2), 79-89.

FAO. (1996). *FAO*. Obtenido de *FAO*: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

FAO. (2015). *FAO*. Obtenido de *FAO*.

FAO. (2018). *FAO*. Obtenido de *FAO*: <http://www.fao.org/agriculture/crops/en/>

FAO. (20 de 11 de 2018). *FAO*. Obtenido de *FAO*: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s04.htm

FAO. (28 de 10 de 2018). *FAO*. Obtenido de *FAO*: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

FAO. (03 de 01 de 2019). *FAO*. Obtenido de *FAO*: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

García O, A. (29-31 de Octubre de 2008). *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Obtenido de La materia Orgánica (MOS) y su papel en la lucha contra la degradación del suelo: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/9.-Dr.-Alvaro-Garcia.-MO.pdf>

- González Cueto, O., Iglesias Coronel, C. E., & Herrera Suárez, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 18, núm. 2, 2009, pp. 59 .
- Guerrero, E. d. (2007). Integrated management of sugar apple (*Annona squamosa* L.). *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 2 - No.1* , pp. 154-169.
- Hernandez Rodriguez, O. A., Ojeda Barrios, D. L., López Diaz, J. C., & Arras Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, Vol IV, No. 1, pp, 2.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi – IGAC (2.000) – Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca. Bogotá.
- Inc, M. (25 de enero de 2019). *Chapter Name*. Obtenido de Getting Started with Minitab 18: www.minitab.com
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (1995). *Resolución 3079 de 1995*. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2003). *Resolución 00150 de 2003*. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2005). *Resolución 3002 de 2005*. Bogotá.
- Maria Acosta, J. M. (2011). *Evaluación De La Contaminación Por Cadmio Y Plomo En Agua, Suelo, Y Sedimento Y Análisis De Impactos Ambientales En La Subcuenca Del Río Balsillas Afluente Del Río Bogotá*. Recuperado el 10 de 01 de 2019, de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14892/T41.11%20A72e.pdf>
- Maria Acosta, J. M. (10 De 01 De 2019). *Evaluación De La Contaminación Por Cadmio Y Plomo En Agua, Suelo, Y Sedimento Y Análisis De Impactos Ambientales En La Subcuenca Del Río Balsillas Afluente Del Río Bogotá*. . Obtenido De De [Http://Repository.Las](http://Repository.Las)
- Merino, L. M. (2003). *La Depuración De Aguas Residuales Urbanas De Pequeñas Poblaciones Mediante Infiltración Directa En El Terreno Fundamentos Y Casos Prácticos*. Madrid España: Ministerio De Ciencia Y Tecnologia.
- Minambiente. (08 de 12 de 2018). *Minambiente*. Obtenido de Minambiente: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_y_uso_sostenible_de_los_suelos_en_areas_rurales.pdf
- Minitab. (23 de Enero de 2019). *Soporte Minitab*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>

- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Rojas, A., & Bonilla, R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37 (3), 270-278. Obtenido de Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. .
- Núñez Ravelo, F. (2014). Efectos de la Costra Microbiótica en algunas propiedades del suelo en el sur de la quebrada Los Barrancos, Valle de Quíbor, Venezuela. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 5-19.
- Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta Y Composta De Estiércol De Ganado Vacuno Lechero Como Fertilizantes Y Mejoradores De Suelo. *Universidad y Ciencia*, 28 (1), 27-37.
- Oviedo-Ocaña, R., & Marmolejo-Rebellon, L. T.-L. (2012). Perspectivas de Aplicación del Compostaje de Biorresiduos provenientes de Residuos Sólidos Municipales. Un enfoque desde lo global a lo local. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11 (20), 67-76.
- Pérez Gracia, M. d. (2001). *Evaluacion para aplicaciones en arqueologia y en patrimonio historico*. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Perez, A., & Landeros, C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Agricultura y deterioro ambiental*, 19.
- Presidencia de la República. (1974). *Decreto 2811 de 1974*. Bogotá.
- Presidencia de la República. (1997). *Decreto 1449 de 1997*. Bogotá.
- Pro, A. (2018). *Diagrama de caja*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/analysis/geoprocessing/charts/box-plot.htm>
- Quiroz Guerrero, I., & Pérez Vásquez, A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (5), 1069-1075.
- RPubs. (10 de 10 de 2017). *RPubs*. Obtenido de RPubs: <https://rpubs.com/Monsehuerta/317105>
- Rubenacker, A., Campitelli, P., Sereno, R., & Ceppi, S. (2011). Recuperación química de un suelo degradado mediante la utilización de un vermicomposto. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2 (2), 83-95.
- Secretaria Distrital De Habitat. (21 de 10 de 2018). *Guia tecnica para el aprovechamiento de residuos organicos a traves de metodologias de compost*. Obtenido de Guia tecnica para el

aprovechamiento de residuos organicos a traves de metodologias de compost:
http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Vazquez, P., Costa, J., Monterubbianesi, G., & Godz, P. (2001). Prediccion De La Productividad Primaria De Pastizales Naturales De La Pampa Deprimida Utilizando Propiedades Del Horizonte A. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Volumen 19 Número 2*, pp,130-137.

Worldwatch Institute. (2005). La situacion del mundo. En *Redefiniendo la seguridad mundial* (pág. 416). España: Icaria Editorial.

Zinck, A. (2005). Suelos, información y sociedad. *Gaceta Ecológica, núm. 78*, 7-22.

CAPITULO XIII

13. Anexos



DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

2018-10-18

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental

FORMATO TOMA DE MUESTRAS DE SUELO, LODOS Y RESIDUOS PELIGROSOS

1 TOMA DE MUESTRAS Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Programa:		Plan de Muestreo N°:	
Interesado:			
Muestreador:			
Fecha(aaaa-mm-dd)	Municipio		
Testigo de muestreo (Cargo):	Nombre:		
Cedula:	Firma:		
Entrega de muestras al Laboratorio	Recibo de muestras (Custodia)		Control Primario (Elaboración y entrega RRA)
Hora	Firma	Fecha	Hora

2. EQUIPOS

Nombre	Placa CAR/Serial

3. IDENTIFICACIÓN

SUELO _____ LODOS _____ RESIDUO _____

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción punto de toma de muestra	Hora de Toma de Muestra o Visita	Georreferenciación
				Alt (m.s.n.m.)
				Norte(Y):
				Este(X):
				ME(GPS)
				Alt (m.s.n.m.)
				Norte(Y):
				Este(X):
				ME(GPS)
				Alt (m.s.n.m.)
				Norte(Y):
				Este(X):
				ME(GPS)
				Alt (m.s.n.m.)
				Norte(Y):
				Este(X):
				ME(GPS)



DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental

FORMATO TOMA DE MUESTRAS DE SUELO, LODOS Y RESIDUOS PELIGROSOS

4. INFORMACIÓN IN SITU

CANTIDAD DE MUESTRA RECOGIDA (kg) _____
 Profundidad (Centímetros del muestreo)
 Menos de 20: _____ Entre 20 – 35: _____ Mas de 35: _____
 Equipos utilizados _____

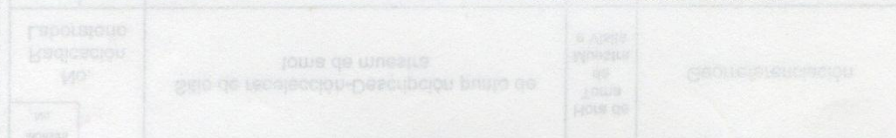
MEDICION TEMPERATURA

Tiempo								
T °C								

5. TIPO DE MUESTREO

Muestreo simple aleatorio _____ Muestreo aleatorio estratificado _____
 Muestreo sistemático o en rejilla _____ Muestreo de Suelos Forestales _____
 Muestreo de Lodos _____ Muestreo en pilas de desecho _____
 Física de suelos _____

Esquema del tipo de muestreo empleado: IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS:



6. ANALISIS REQUERIDOS

Caracterización:
 pH _____ Fósforo disponible _____
 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) _____ Textura _____
 Conductividad Eléctrica _____ Bases intercambiables Ca _____ Mg _____ Na _____ K _____
 Carbón Orgánico Total (COT) _____ Microbiológico _____ ¿cuál? _____
 Elementos menores Fe _____ Cu _____ Mn _____ Zn _____
 Análisis especiales:
 Física de suelos: _____
 TCLP _____ Metales _____
 TPH _____ Otro _____ ¿Cuál? _____

Observaciones:



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental

FORMATO TOMA DE MUESTRAS DE SUELO, LODOS Y RESIDUOS PELIGROSOS

<p>7 EVALUACION RÁPIDA DEL LUGAR (Toma de muestra suelo)</p> <p>DETECCIÓN INICIAL DEL SITIO</p> <p>Uso de suelo: Residencial _____ Agricultura _____ Recreación _____ Industrial _____ Conservación _____ Minería _____ Otro _____ Topografía Plano: _____ Pendiente > 30° _____ Pendiente > 60° _____ Drenaje suelo: Bueno: _____ Regular: _____ Malo: _____ Distancia aproximada a vías principales _____ Distancia aproximada a fuentes de agua _____ Distancia aproximada a viviendas _____ Distancia aproximada a escuelas _____ Distancia aproximada a centros de salud _____ Población estimada en riesgo _____ Observaciones _____ _____</p>
<p>INFORMACIÓN DE SIEMBRAS (Toma de muestra suelo)</p> <p>Cultivo anterior: _____ Resultado de la cosecha _____ Cultivo próximo: _____ Variedad _____ Época de siembra. _____ Tipo de riego: (especificar sistema): _____ Uso de fertilizantes. Si__ No__ ¿Cuál?</p>
<p>8. INFORMACION (Toma de muestra Lodos y/o Residuos)</p> <p>Empresa que genera el lodo y/o residuo _____ Descripción de la etapa del proceso que genera el lodo y/o residuo _____ ALMACENAMIENTO DEL LODO Y/O RESIDUO Pilas alargadas continuas: _____ Cinta transportadora _____ Flujo de líquido, pulpa o lodo moviéndose en un tubo o en un punto de descarga _____ Barriles Tanques _____ Otra _____ ¿Cuál? _____ Observaciones. _____ _____ _____ _____</p>

LISTA DE CHEQUEO

DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

Programa/ Usuario:			Fecha:			Plan No. :					
Responsable(s):			Firma:			Muestras O Monitoreo No.:					
EQUIPOS				ELEMENTOS				RECIPIENTES			
Item	Nombre	Placa / Serie #	✓	Item	Nombre	✓	Item	Nombre	✓		
1	Conductímetro			1	Nevera extra con los parámetros solicitados		1	Aceites y Grasas			
2	Oxímetro			2	Beaker		2	COT			
3	pH-metro			3	Frasco lavador		3	Clorofila			
4	Micromolinet			4	Tabla con Plan de muestreo y Formatos		4	Color			
5	Molinet			5	Esfero		5	Cromo + 6			
6	Caja contadora			6	Marcador permanente		6	DBO (Garrafa de 2 litros)			
7	Malacate			7	Baldes		7	DQO (Garrafa de 1 litro)			
8	Varillas			8	Manila		8	Fósforos			
9	Pesa			9	Palín		9	Giardia / Cryptosporidium			
10	GPS			10	Pala		10	Hidrocarburos			
11	Cámara fotográfica			11	Barreno		11	Metales			
12	Termómetro - aire			12	Machete		12	Microbiología			
13	Cronómetro			13	Draga		13	Oxígeno disuelto			
14	Kit Cianuro			14	Bolsas plásticas con cierre Hermetico		14	Compuestos orgánicos semivolátiles COSVs			
15	Kit Cloro residual			15	Probeta plastica de 50 ml (NO2)		15	Pseudomonas			
16	Bote (implementos)			16	Probeta plastica de 50 ml (SO2)		16	Sulfuros			
17	Automuestreador			17	Recipiente Residuos Metales Pesados		17	Surfactantes			
18	DigiFlo / Bios			18	Bolsa para residuos		18	Blanco de campo			
19	Manómetro de agua			19	Kit derrames		19	Lodos (microbiología)			
20	Termo-Higro-Anemómetro			20	Botiquín		20	Lodos (físico-química)			
21	Computador Portátil			21	Cinta métrica		21	NO2 (Aire)			
22	Kit Calibrador TRIGAS (Pompa de jabón)			22	Toallas de papel		22	SO2 (Aire)			
23	Kit Calibración HI-VOL			23	Cintas de pH		23	Acidez			
24	Multiparamétros			24	Linterna		24	Alcalinidad			
25	Red Surber			25	Pilas recargables		25	Testigo de temperatura			
26	Red Rectangular			26	Neveras		26	Macroinvertebrados			
27	Red Fitoplancton			27	Hielo		27	Microalgas (Peri y Fito)			
28	Red Zooplancton			28	Bloqueador solar		28	Zooplancton			
29	Botella Van Dorn Horizontal			29	Repelente de insectos		29	Peces			
30	Botella Van Dorn Vertical			30	Filtros Material Particulado		30	Macrofitas			
31	Disco Secci			31	Cartas registradoras de flujo		31	Aniones			
32	Equipo M9			32	Anillos de muestreo		32	Casetera Filtros TSP			
33	Equipo Flowtracker			33	Plataforma Hidroboard 1		33	Casetera Filtros PM10			
34	Taladro percutor (Suelos)			34	Plataforma Hidroboard 2		34	Suelos			
35	Penetrologger			35	Plataforma Q-boat		35	Anillos - suelos			
36	Kit de clasificación de suelos			36	Bote Inflable						
37	Sonómetro			37	Motor Bote Yamaha						

LISTA DE CHEQUEO

DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

		42	Base para Micrófono			
		43	Cable de Audio (Micrófono)			

DOCUMENTOS			REACTIVOS			EPP		
Item	Nombre	✓	Item	Nombre	✓	Item	Nombre	✓
1	Plan de muestreo (U. Interno / U. Externo) (GAM-FT-156)		1	Ácido Nítrico		1	Pesquero	
2	Carpeta de campo (Matrices Ambientales)		2	Ácido Sulfúrico		2	Overol	
3	Formulario Caracterización del Servicio (GAM-FT-205)		3	Yoduro azida sódica		3	Impermeable	
4	Formato de Campo Emisión de Ruido (Matriz Ruido) (GAM-FR-054)		4	Sulfato manganoso		4	Bata	
5	Formato de campo Ruido Ambiental (Matriz Ruido) (GAM-FR-055)		5	Hidróxido de sodio (N5)		5	Chaqueta	
6	Formato Toma de Muestras (Matriz Agua) (GAM-FT-001)		6	Acetato de Zinc		6	Chaleco	
7	Formato Muestreo Compuesto (Matriz Agua) (GAM-FT-054)		7	Cinta indicadora pH		7	Casco	
8	Formato Aforos (Matriz Agua) (GAM-FT-032)		8	Buffer para cromo		8	Protectores auditivos	
9	Carta Control Equipos de Campo Muestreo (Matriz Agua) (GAM-FT-149)		9	Hidróxido de sodio (N6)		9	Gafas	
10	Formato toma de muestra para Gases (Matriz Aire) (GAM-FT-072)		10	Solución de NO2		10	Careta gases	
11	Formato toma de muestra Material Particulado (Matriz Aire)(GAM-FT-073)		11	Solución de SO2		11	Tapabocas	
12	Formato Control de Muestreo (Matriz Aire) (GAM-FT-133)		12	Jabón neutro		12	Guantes nitrilo	
13	Formato Verificación Multipunto para equipos HI-VCL volumétricos o máscos (Matriz Aire) (GAM-FT-148)		13	Agua desionizada		13	Guantes industriales	
14	Formato control de mantenimiento y verificación de equipos (Matriz Aire) GAM-FT-230)		14	Agua potable		14	Guantes de Carnaza	
15	Formato Caracterización Ecomorfológica		15	Etanol 96%		15	Botas pantaneras	
16	Formato toma de muestras de suelo y residuos Peligrosos (GAM-FT-231)		16	Lugol		16	Botas de cuero / Seguridad	
17	Formato Monitoreo de Olores y Captura de datos en campo (GAM-FT-203)		17	Transeau		17	Chaleco salvavidas	
			18	Formol al 4%		18	Kit trabajo en alturas	

Observaciones:



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR
DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **0718**

CLIENTE: DIRECCION DE LABORATORIO E INNOVACION AMBIENTAL DLIA Teléfono: 580 11 11 Ext. 4310 - 4300 DLIA del día 16 de Febrero de 2018
PROGRAMA: USUARIO INTERNO Dirección: C.E. Santo Domingo (Avenida Troncal de Occidente #18-76) Manzana C - Bodega 13 Mosquera, Cundinamarca Correo Electrónico: egarciam@car.gov.co
Municipio de muestreo: MADRID Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL GRANA DELGADO N° de muestras: 1 DE 1
Fecha Muestreo: 2018-03-04 Reporte: 2018-04-04 2018-05-24 Plan de muestreo No. NA

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N°: **1897-18** LOTE CULTIVO DE FRESA Muestra N°: Muestra N°:

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma de muestras de suelos (IAM-POE-80 del Laboratorio Ambiental)

RESULTADOS ANALISIS SUELOS, LODOS O RESIDUOS PELIGROSOS

N°	PARAMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Analisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°		
							1897-18	0	0
1	% Humedad***	Porcentaje	Método gravimétrico, estufa 105°C (NTC1495)	2018-04-09	NA	NA	8,50	+/- 0,06	
2	Capacidad de intercambio catiónico**	cmol (+)/Kg suelo seco	Extracción por acetato de amonio 1N (NTC 5288)	2018-04-09	LCM	4,79	43,64	+/- 1,35	
3	Conductividad eléctrica***	dS/m	Método conductimétrico (NTC 5566 Método B)	2018-04-09	LCT	0,01	0,2	+/- 0,001	
7	pH***	Unidades pH	Potenciométrico (NTC 5294)	2018-04-09	NA	NA	6,1	+/- 0,3	
9	Bases cambiables Calcio	cmol (+)/Kg suelo seco	Extracción por acetato de amonio 1N (NTC 5349) Espectrometría de Masas / Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/MS), 3125 B.	2018-04-10	LCT	1,0	10,7		
10	Bases cambiables Magnesio	cmol (+)/Kg suelo seco	Extracción por acetato de amonio 1N (NTC 5349) Espectrometría de Masas / Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/MS), 3125 B.	2018-04-10	LCT	1,0	0,39		
11	Bases cambiables Sodio	cmol (+)/Kg suelo seco	Extracción por acetato de amonio 1N (NTC 5349) Espectrometría de Masas / Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/MS), 3125 B.	2018-04-10	LCT	0,4	1,22		
12	Bases cambiables Potasio	cmol (+)/Kg suelo seco	Extracción por acetato de amonio 1N (NTC 5349) Espectrometría de Masas / Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/MS), 3125 B.	2018-04-10	LCT	0,2	0,12		
22	Textura	Porcentaje Arena	IGAC, Sexta edición 2006. Método Bouyoucos	2018-04-13			15,11		
23	Textura	Porcentaje Arcilla	IGAC, Sexta edición 2006. Método Bouyoucos	2018-04-13			28,46		
24	Textura	Porcentaje Limo	IGAC, Sexta edición 2006. Método Bouyoucos	2018-04-13			56,43		
25	Textura	Clase Textural	IGAC, Sexta edición 2006. Método Bouyoucos	2018-04-13					FRANCO ARCILLOSO LIMOSO
28	Carbono Orgánico suelos***	g/100g (%) suelo	Determinación de Carbono Orgánico en Suelos por el Método Oxidación Humeda	2018-04-09	LCM	0,23	2,09	+/- 0,24	
46	Estabilidad de Agregados		Yoder				LIGERAMENTE ESTABLE		

* Parámetros acedidos bajo resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 514 10 de junio de 2009, No. 523 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013, No. 1940 30 de Agosto de 2016

NR No Representativo
LCT Límite Cuantificación teórico
LCM Límite Cuantificación DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO		UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1897-18	MUESTRAS N°	
Temperatura aire	° C				0	0
Humedad	%					
Tipo de Muestreo						
Hora de toma						
Georeferenciación	Long (°)					
	Latitud (°)					
	Altitud (msnm)					
	Error GPS (m)					

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1186 DEL 09 DE MAYO DE 2017

EL INFORME INCLuye LAS MUESTRAS No 1897-18 0 0 RESULTADO(S) VALIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

OBSERVACIONES:

FIRMAS AUTORIZADAS:

Responsable
Servicio y Atención al Cliente

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

Vo. Bo. Director Técnico Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad