



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS:

“Efecto de la aplicación de cobertores orgánicos y abonos verdes en propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.”.

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTORA:

Janeth Katherine González Aguirre

DIRECTOR:

Ing. Pablo Alvarez Figueroa Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Ing. Pablo Alvarez Figueroa Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que la señorita **JANETH KATHERINE GONZALEZ AGUIRRE** con CI: 1104979909, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, autora de la tesis titulada **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COBERTORES ORGÁNICOS Y ABONOS VERDES EN PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO”**, ha cumplido a cabalidad y su tesis ha sido dirigida, revisada y desarrollada dentro del cronograma aprobado, por tal razón autorizo su presentación y aprobación.

Loja, 22 de marzo 2019

Atentamente.

Ing. Pablo Alvarez Figueroa Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS



CERTIFICACIÓN

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del Trabajo Final de Tesis: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COBERTORES ORGÁNICOS Y ABONOS VERDES EN PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO”** de autoría de la señorita **GONZÁLEZ AGUIRRE JANETH KATHERINE** egresada de la Especialidad de Ingeniería Agronómica, se propuso algunas correcciones de forma las mismas que han sido incluidas en el documento final.

En tal virtud permitimos calificar que el trabajo final consolidado de la investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de ingeniería agronómica de la facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 08 de agosto 2019.

PhD. Klever Iván Granda Mora

Presidente

Doc. Marina Mazón Morales

Vocal

PhD. Ferenc Sandor

Vocal

AUTORÍA

Yo, **Janeth Katherine González Aguirre**, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Autor: Janeth Katherine González Aguirre

Firma:

Número de cedula: 1104979909

Fecha: 12 agosto 2019

Carta de autorización de tesis por parte del autor para la consulta, reproducción parcial y publicación electrónica del texto completo.

Yo, **Janeth Katherine González Aguirre** declaro ser la autora de la tesis “**Efecto de la aplicación de cobertores orgánicos y abonos verdes en propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo**” como requisito para optar al grado de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el repositorio digital institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en la red de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 12 días del mes de agosto del 2019 firma la autora.

Firma: .....

Autor: Janeth Katherine González Aguirre

Cedula de identidad: 1104979909

Dirección: Cdla. El Electricista Alto

Correo electrónico: jakkygonzalez94@gmail.com

Celular: 09682584822

Datos complementarios

Director de tesis: Ing. Pablo Alvarez Figueroa Mg.Sc.

Tribunal de grado:	PhD. Kléver Iván Granda	Presidente
	PhD. Marina Mazon Morales	Vocal
	PhD. Ferenc Sandor	Vocal

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa de mi vida, le agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen santísima, por ser mi guía de todos los días, por darme fortaleza para no desfallecer ante los problemas del diario vivir. Mis más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que hicieron posible alcanzar este logro.

Gracias a mi madre (abuelita) Rosa Herminia Aguirre Marín quien, gracias a su ejemplo, por impulsarme cada día a seguir adelante y jamás desmayar por brindarme su amor incondicional. Gracias a mi familia quien de una u otra manera me brindó su apoyo incondicional, a mi madre Mery, a mis hermanas Guadalupe y Xiomara, a mis tíos Alonso y Mariela, a mis primos Jorge, Soraya y Marianela quien estuvieron siempre presentes con su ayuda, gracias las tres personas incondicionales en mi vida Galo, Héctor, Daniela. De manera especial agradecer a los estudiantes de 3ro y 4to ciclo quienes participaron activamente del proyecto.

A la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años de formación universitaria, un agradecimiento muy especial al Ing. Pablo Alvarez Figueroa por su acertada dirección, planificación y supervisión en la elaboración de este proyecto, también a las Ingenieras Diana Iñiguez y Fernanda Livisaca Técnicas del Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Facultad quienes estuvieron presentes activamente con el desarrollo del proyecto. Así mismo a los estimados docentes miembros del tribunal de grado quienes desinteresadamente accedieron a brindar sus valiosos criterios para mejorar la calidad de este trabajo.

Janeth Katherine

DEDICATORIA

En honor a Dios y a la Virgen Santísima y a mi madre (abuelita)

Rosa Aguirre, quien con sus sabios consejos y su ejemplo

supo educarme con amor y múltiples valores,

a mi familia quien de una u otra forma

me brindó su apoyo este trabajo

es gracias a ustedes.

Janeth Katherine

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Características de los suelos de la provincia de Loja.....	3
2.2. La degradación física de los suelos	3
2.3. Técnicas de conservación de suelos	4
2.3.1. Labranza Cero.....	4
2.3.2. Rotación de cultivos	4
2.3.3. Cobertura vegetal	4
2.3.4. Incorporar materia orgánica al suelo.....	5
2.4. Cobertores vegetales y su importancia	5
2.4.1. Tipos de cobertores vegetales	5
2.5. Influencia de los cobertores vegetales en propiedades fisicoquímicas.	5
2.6. Abonos verdes.....	6
2.6.1. Importancia de los abonos verdes.....	6
2.6.2. Tipos de abonos verdes	6
2.6.3. Características de los abonos verdes	7
2.6.4. Influencia de los abonos verdes en propiedades fisicoquímicas	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Materiales	8
3.1.1. Materiales de campo.	8
3.1.2. Materiales biológicos.....	8
3.1.3. Materiales y Equipos de laboratorio.	8
3.1.4. Reactivos.....	10
3.2. Métodos	11
3.2.1. Ubicación de la investigación.	11
3.2.2. Ubicación Geográfica.....	11
3.2.3. Ubicación ecológica.....	12
3.2.4. Condiciones edafo-climaticas	12
3.2.5. Diseños experimentales	12

3.2.6.	Metodología para análisis fisicoquímico de suelos.....	17
4.	RESULTADOS	23
4.1.	<i>Evaluar el efecto de cobertores orgánicos sobre parámetros edáficos y rendimiento de dos hortalizas</i>	23
4.2.	<i>Evaluar el efecto de la incorporación de abonos verdes en propiedades edáficas</i>	33
5.	DISCUSIÓN	47
5.	CONCLUSIONES	52
6.	RECOMENDACIONES	53
7.	BIBLIOGRAFÍA	54
8.	ANEXOS	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital del área de estudio Permacultura- UNL (Autora).	11
Figura 2. Texturas de los tratamientos aplicados en las parcelas de cobertores orgánicos y abonos verdes.....	23
Figura 3. Resultados de pH obtenidos de los tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.	24
Figura 4. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico realizado en los tratamientos de cobertores orgánicos.	24
Figura 5. Resultado del contenido de humedad en los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.....	25
Figura 6. Resultados del contenido de Materia Orgánica en los diferentes tratamientos con cobertores.....	25
Figura 7. Resultado de infiltración acumulada de los tratamientos de cobertores orgánicos.	26
Figura 8. Resultados del promedio de peso de las dos hortalizas cultivadas.....	27
Figura 9. Resultados del contenido de nitrógeno disponible en el suelo de los diferentes cobertores orgánicos.	28
Figura 10. Resultado del contenido de fósforo disponible en el suelo de los diferentes tratamientos de los diferentes cobertores orgánicos.	28
Figura 11. Resultado del contenido de potasio K^+ en el suelo de los diferentes tratamientos de los diferentes cobertores orgánicos.	29
Figura 12. Resultado del contenido de Calcio disponible de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.	30
Figura 13. Resultado del contenido de Manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.	30
Figura 14. Resultado del contenido de Hierro disponible de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.	31
Figura 15. Resultado del contenido de cobre en los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.....	32

Figura 16. Resultado de la capacidad de intercambio catiónico de los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.....	33
Figura 17. Resultados del contenido de materia orgánica de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	34
Figura 18. Resultados de los niveles de pH de los tratamientos aplicados en abonos verdes.....	34
Figura 19. Peso foliar en gramos de 10 plántulas de frejol de los diferentes tratamientos de aplicados en abonos verdes.	35
Figura 20. Peso de materia verde y materia seca de plántulas de frejol en 100 gramos de muestra.....	36
Figura 21. Resultado del nivel de nitrógeno amoniacal en ppm de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	36
Figura 22. Resultado del contenido de nitrógeno asimilable en suelo tomado de la rizosfera, en los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.....	37
Figura 23. Resultado del contenido de Fosforo disponible en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	38
Figura 24. Resultado del contenido de fosforo disponible en suelo tomado de la rizosfera, en los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.....	38
Figura 25. Resultado del contenido de potasio disponible en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	39
Figura 26. Resultados del contenido de potasio disponible en el suelo a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.....	40
Figura 27. Resultado del contenido de Calcio disponible en el suelo en los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.....	40
Figura 28. Resultados del contenido de Calcio a nivel de la Rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.....	41
Figura 29. Resultado del contenido de manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	42
Figura 30. Resultado del contenido de manganeso a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	42

Figura 31. Resultado del contenido de hierro en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	43
Figura 32. Resultados del contenido de hierro a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	44
Figura 33. Resultado del contenido de cobre de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	44
Figura 34. Resultado del contenido de cobre a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.	45
Figura 35. Diferencias en el contenido de N, P, K, en ppm en muestras tomadas en el suelo del cultivo y en muestras tomadas a nivel de la rizosfera.	46
Figura 36. Diferencias en el contenido de Ca y Cu en meq/100ml de suelo en muestras tomadas en el suelo del cultivo y en muestras tomadas a nivel de la rizosfera.	46
Figura 37. Diferencias en el contenido de Mn y Fe en ppm en muestras tomadas en el suelo del cultivo y muestras tomadas a nivel de la rizosfera.	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los suelos del cantón Loja.....	3
Tabla 2. Diseño experimental de campo utilizado en cobertores orgánicos.	13
Tabla 3. Códigos de los tratamientos aplicados en el diseño experimental de cobertores orgánicos.....	13
Tabla 4. Diseño experimental de campo utilizado para abonos verdes.	14
Tabla 5. Códigos de los tratamientos a ser aplicados en el diseño experimental de abonos verdes.	14
Tabla 6. Materiales para elaboración de bocashi.	16
Tabla 7. Estándares para interpretación de pH.....	18
Tabla 8. Resultados de las diferentes constantes hidrofísicas determinadas en dos etapas de la investigación.....	27

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Evidencias fotográficas de la limpieza de las parcelas donde se ubicó el ensayo para cobertores orgánicos.</i>	60
Anexo 2. <i>Evidencias fotográficas de la colocación de los diferentes cobertores orgánicos.</i>	60
Anexo 3. <i>Evidencias fotográficas de la siembra de hortalizas en cobertores orgánicos y siembra de abonos verdes.</i>	61
Anexo 4. <i>Evidencias de la germinación de leguminosas y gramíneas, así como la adaptación de las plántulas de hortalizas.</i>	62
Anexo 5. <i>Evidencias fotográficas de la toma de muestras y prácticas de campo para la obtención de resultados.</i>	62
Anexo 6. <i>Exposición de resultados preliminares, incorporación de abonos verdes, y toma de muestras.</i>	63
Anexo 7. <i>Toma de datos y análisis de laboratorio.</i>	64

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COBERTORES ORGÁNICOS Y ABONOS
VERDES EN PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL
SUELO.**

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar la aplicación de cobertores orgánicos sobre parámetros edáficos y rendimiento de dos hortalizas, así como el efecto de la incorporación de abonos verdes en propiedades edáficas del suelo. Se implementaron dos ensayos en diseños completamente al azar. En el primer ensayo se utilizaron tres cobertores orgánicos: cascarilla de arroz, taralla, bagazo de caña y un testigo. En el segundo ensayo se evaluaron seis tratamientos de abonos verdes con cuatro repeticiones, que fueron: zarandaja, zarandaja + avena, frejol chavelo, frejol chavelo + avena, frejol percal, frejol percal + avena. Las variables evaluadas en el suelo fueron: materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, textura, pH, constantes hidrofísicas; mientras que en las plantas fueron materia seca, peso de masa foliar, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso, hierro, zinc, y cobre. La materia orgánica incrementó en un 1,1% en los tratamientos que contenían taralla y bagazo como cobertores; mientras que en abonos el incremento de 0,7% permitió modificar otras características edáficas del suelo como son: el pH que disminuyó de 5,8 a 5,3 y de 6,9 a 5,07; la capacidad de intercambio catiónico se incrementó de 5,3 cmol/kg a 7,9 cmol/kg en cobertores orgánicos y 4,7 cmol/kg a 8,1 cmol/kg en abonos verdes; nitrógeno total aumentó de 50 ppm a 90 ppm en cobertores orgánicos y de 70 ppm a 140 ppm en abonos verdes; contenido de fósforo aumentó de 59 ppm a 89 ppm en cobertores orgánicos y disminuyó de 103 ppm a 30 ppm en abonos verdes. La taralla y el bagazo son los cobertores orgánicos más recomendables para incrementar el contenido de materia orgánica por la baja relación C/N y su rápida descomposición que permiten mejorarlas condiciones de suelo en poco tiempo. Por lo contrario, si se requiere mantener la humedad y evitar el crecimiento de malezas, se recomienda utilizar cascarilla de arroz ya que es más densa y evita la penetración de luz en el suelo. En cuanto a los abonos verdes el tratamiento que mejoró significativamente el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, fue el tratamiento donde se utilizó zarandaja; sin embargo, mayor contenido de biomasa fresca y seca se registró en los tratamientos que contenían frejol percal y chavelo.

Palabras claves: producción, cobertores, abonos verdes, propiedades edáficas.

Abstract

The objective of the current research work was to evaluate the application of organic covers on edaphic parameters and yield of two vegetables, as well as the effect of the incorporation of green manures into edaphic properties of the soil. Two trials were implemented in completely randomized designs. In the first trial three organic covers will be used: rice husk, “taralla”, cane bagasse and a control. In the second trial, six treatments of green manures were evaluated with four repetitions, which were: lablab-bean, lablab-bean + oat, chavelo bean, chavelo bean + oat, percal bean, percal bean + oat. The variables evaluated in the soil were: organic matter, cation exchange capacity, texture, pH, hydrophysical constants; while in the plants they were dry matter, weight of foliar mass, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, manganese, iron, zinc, and copper. Organic matter increased by 1.1% in treatments containing “taralla” and bagasse as covers; while in fertilizers the increase of 0.7% changes other soil characteristics of the soil such as: the pH that decreases from 5.8 to 5.3 and from 6.9 to 5.07; cation exchange capacity increased from 5.3 cmol/kg to 7.9 cmol/kg in organic covers and 4.7 cmol/kg to 8.1 cmol/kg in green manures; total nitrogen increased from 50 ppm to 90 ppm in organic covers and from 70 ppm to 140 ppm in green manures; Specific phosphorus content from 59 ppm to 89 ppm in organic covers and decreased from 103 ppm to 30 ppm in green manures. Taralla and bagasse are the most recommended organic covers to increase the organic matter content due to low C/N ratio and its rapid decomposition that allows to improve soil conditions in a short time. On the contrary, if it is required to maintain the humidity and avoid the growth of weeds, it is recommended to use rice husk since it is denser and prevents the penetration of light into the soil. As for green manures, the treatment that significantly improved the content of nitrogen, phosphorus, potassium, was the treatment where lablab-bean is found; However, mayor content of fresh and dried biomass were registered in treatments containing percal and chavelo bean.

Keywords: production, covers, green manures, edaphic properties.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso limitado y no renovable de gran importancia ambiental, por ser la base donde se desarrolla la vida y brindar diversidad de bienes y servicios eco-sistémicos (Zhao *et al.*, 2013). No obstante, en los últimos años el proceso de degradación del suelo se ha incrementado exorbitantemente a nivel mundial, siendo la erosión del suelo la principal causa y a la vez intensificada por la presión que el ser humano ejerce sobre el recurso (Gelagay y Minale, 2016). El suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (Conabio, 2016 y Obio, 2016).

Según Gardi *et al.* (2014), más de la mitad de los 576 millones de hectáreas de la tierra cultivable de América Latina, el 74 % en Mesoamérica y el 45 % en Suramérica, son afectadas por procesos de degradación debido a la aplicación de técnicas de labranza inadecuadas, cambios en el uso del suelo, sobreexplotación y el cambio climático, siendo causas del deterioro de las propiedades fisicoquímicas y biológicas. No obstante, la actuación del hombre ha generado cambios significativos en la dinámica del uso del suelo obteniendo como resultado la conversión de la vegetación natural y pérdida del recurso (Ochoa *et al.*, 2016).

Según Jiménez (2011), en el Ecuador se estima que las pérdidas de suelo varían de acuerdo a su pendiente y está entre 5 a 50 t ha año⁻¹, esto ha ido aumentando con el surgimiento de la revolución verde en la agricultura después de la Segunda Guerra mundial. El 45% de los suelos a nivel nacional se encuentran bajo distintos grados de erosión (Manchego *et al.*, 2017), el 25% concierne a la sierra, mientras que un 15% a la región costa (Jaramillo, 2015).

Existen algunas causas de degradación del suelo como sobrepastoreo, uso de agroquímicos, mal uso del riego, contaminación y alteración de la cubierta vegetal, entre ellas podemos citar el tipo de labranza, que según Gómez (2015), es un factor que afecta directamente a las propiedades físicas y a los procesos del suelo y por ende en el crecimiento de los cultivos. Según Alvarez *et al.* (2017), la labranza del suelo en un inicio mejora la infiltración y mejora el drenaje, pero con el tiempo esto favorece a la reducción de estos aspectos.

Según, Hernández *et al.* (2017), a partir de 1995 surgen los conceptos de agricultura sostenible y agricultura orgánica, lo que permitió el uso de abonos verdes como alternativas de manejo desde el punto de vista agroecológico. Así mismo, en busca de mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos degradados, se hace necesario el uso de leguminosas como abono verde ya que, según Muños (2015), esta práctica aumenta la fertilidad de mediano a corto plazo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y el aporte de materia orgánica al suelo. Por otra parte, la cobertura del suelo es uno de los principios más importantes para el desarrollo de estrategias de manejo sustentable, siendo el uso de mulchings, mulches o coberturas orgánicas una de las prácticas recomendadas (Hernández *et al.*, 2017). Entre los mulchings orgánicos, están las virutas, aserrín, hojas de pino, cortezas de árboles, pajas y cascarillas de varios cereales (Gómez, 2015)

La presente investigación aporta información sobre el efecto de la aplicación de abonos verdes y cobertores orgánicos en propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. Esta investigación se realizó con la finalidad de cambiar la visión productiva de los agricultores de la provincia de Loja y por ende los ingresos de los pequeños productores. Para ello se formuló el siguiente objetivo general: “Evaluar el efecto de las prácticas de conservación en propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo y en el rendimiento de dos plantas indicadoras”.

Los objetivos específicos planteados en la presente investigación fueron:

- Efecto de cobertores orgánicos sobre parámetros edáficos y rendimiento de dos hortalizas.
- Efecto de la incorporación de abonos verdes en propiedades edáficas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Características de los suelos de la provincia de Loja.

La (FAO, 2013) ha agrupado a los suelos de la provincia de Loja en seis clases de suelos: suelos aptos para cultivo intensivo de hortalizas, suelos aptos para conservación mediante la producción de frutales, suelos no aptos para producción intensiva, suelos propensos a inundaciones, suelos para explotación forestal y suelos de conservación.

Los suelos de la provincia de Loja tienen una amplia variabilidad, sin embargo, a continuación, presentamos un perfil característico del cantón Loja (figura 1.), basado en la información del Instituto Espacial Ecuatoriano y descrita por Espinoza, *et al.*, (2018).

Tabla 1. *Características de los suelos del cantón Loja.*

Horizonte	A	AC	C
Características	0-33	33-60	60-90
	Color amarillo grisáceo, húmedo, franco-arcillosa, angular, estructura de bloques, materia orgánica 2,6%, saturación 62,5%	Color grisáceo, húmedo, textura arcillosa, estructura de pH 5,2, materia orgánica saturación de base 63,4%	Color marrón oscuro (10YR 3/1), textura franca sin estructuras, pH 4,9

2.2. La degradación física de los suelos

La degradación física de los suelos es una serie de micro procesos que alteran el espacio libre “poroso” que tiene el suelo para que se pueda “mover” el aire y el agua. Se producen cambios adversos en el suelo que afectan las condiciones físicas relacionadas con el desplazamiento del aire, del agua y nutrientes, y el desarrollo de las raíces. Estos procesos pueden ocurrir a nivel de superficie del suelo o sub-superficialmente, y los efectos más comúnmente observados son capas compactadas, sellamiento de la superficie del suelo y costras;

los suelos que no presentan degradación física se caracterizan por presentar bajos valores de densidad aparente, alta capacidad de infiltración y captación de agua relacionada con los altos valores de conductividad hidráulica saturada y de los poros de retención y una alta capacidad de aireación reflejada por su porosidad total y de aireación (Bravo *et al.*, 2017).

2.3. Técnicas de conservación de suelos

2.3.1. Labranza Cero

La siembra directa basada en cultivar sin labrar, es decir, sin alterar el suelo con el arado, evita invertir los perfiles de la tierra y trasladar al fondo las capas más fértiles. Gracias a esta práctica se incrementa la cantidad de agua que se infiltra en el suelo, el terreno absorbe más carbono, se sintetiza mejor la materia orgánica, y en general, aumenta a largo plazo la capacidad productiva de la tierra (Narváez *et al.*, 2016).

2.3.2. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos o práctica de alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas distintas en el mismo terreno, durante varios ciclos, evita que el suelo se agote o que las enfermedades que afectan a un determinado cultivo se perpetúen, ayuda a aprovechar mejor los abonos, a controlar mejor las malas hierbas, a disminuir los problemas ante plagas o enfermedades y con todo ello, a reducir el uso de fertilizantes, pesticidas y fitosanitarios, con el consiguiente ahorro económico (Narváez *et al.*, 2016).

2.3.3. Cobertura vegetal

Una cobertura vegetal protege el suelo contra el golpe de las gotas de lluvia y el arrastre del agua de escorrentía. También aumenta la infiltración del agua en el suelo porque, bajo la protección de la cobertura, este no pierde su buena estructuración por la compactación. Se puede realizar la incorporación de una capa de material vegetal muerto (rastrojo o mulch), siembra de abono verde, agroforestería, labranza mínima y siembras en contorno (Chacón, 2016).

2.3.4. Incorporar materia orgánica al suelo.

Estas prácticas ayudan considerablemente a mejorar la fertilidad del suelo. La materia orgánica se vuelve humus, que funciona como una esponja, lo que favorece mucho a la infiltración del agua en el suelo y su retención, la disponibilidad de nutrientes y también la disminución en la escorrentía en el suelo. Se pueden incorporar abonos orgánicos como composta, bocashi, abono verde, lombrihumus, estiércol descompuesto, gallinaza y otros (Mejía, 2015).

2.4. Cobertores vegetales y su importancia

Es una cobertura vegetal muerta. La aplicación de mulchs es importante ya que permite proteger al suelo mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como el microclima de la capa superior del suelo, incidiendo de esta forma sobre la productividad (Mena, 2015).

2.4.1. Tipos de cobertores vegetales

Los materiales de lenta degradación ricos en lignina y celulosa (carbono) se encuentran en los residuos cascarilla de arroz, cáscara de café, pulpa de cítricos, bagazo de caña de azúcar, cenizas del bagazo, pinzotes de palma africana, follaje y cáscaras de piña, banano, naranja, guanábana, taralla, entre otras (Gómez, 2015).

2.5. Influencia de los cobertores vegetales en propiedades fisicoquímicas.

Según Gómez (2015), los cobertores influyen de la siguiente manera en los suelos

- Controla de la erosión
- Disminuyen la evaporación al disminuir la intensidad del intercambio turbulento entre la atmosfera y el suelo
- Reduce la absorción de energía radiante
- Influye sobre las variaciones de temperatura, amortiguando los picos de máximas y mínimas en los primeros 15 cm del suelo
- Aumentan la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo e infiltración.
- Mejora la textura del suelo
- Disminuye la erosión hídrica (lluvia)

2.6. Abonos verdes

Los abonos verdes se pueden definir como "una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)". Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas. Los términos "cultivos de cobertura" y "abono verde" se han usado en el pasado como sinónimos; sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (FAO, 2015).

2.6.1. Importancia de los abonos verdes

Según la FAO (2015), los abonos verdes son de gran importancia desde el punto de vista de la mejora de la productividad de los suelos degradados por uso intensivo. A continuación, se mencionan algunas de las funciones importantes de los abonos verdes:

- Reduce la necesidad de insumos externos
- Reduce la mano de obra para el desmalezado
- Incrementar la productividad
- Incrementa la fertilidad del suelo
- Reduce competencia de malezas
- Incrementa filtración de agua
- Produce alimentos para animales
- Reduce pérdidas de suelo por erosión
- Reduce pérdidas de fertilidad por el quemado
- Mejora la infiltración de agua (y así reduce inundación y sedimentación)

2.6.2. Tipos de abonos verdes

Se pueden utilizar muchas especies vegetales como abonos verdes, pero las tres familias de plantas más utilizadas para este objetivo son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas; entre estas las más frecuentes son las leguminosas debido a su capacidad para fijar

el nitrógeno atmosférico, por asociación simbiótica con las bacterias del género *Rhizobium* spp. que se encuentran presentes normalmente en los suelos (Lorenzo *et al.*, 2017).

2.6.3. Características de los abonos verdes

Según Lorenzo *et al.* (2017), los abonos verdes deben cumplir las siguientes características:

- Rápido establecimiento, crecimiento y buena cobertura del suelo.
- Gran cantidad de biomasa acumulada.
- Fácil de matar o quemar.
- Baja descomposición de residuos.
- Actividad alelopática de las raíces y follaje.
- Producción de gran volumen de biomasa.

2.6.4. Influencia de los abonos verdes en propiedades fisicoquímicas

Según Lorenzo *et al.* (2017), los abonos verdes influyen directamente en:

- Protege la erosión superficial.
- Disminuye la lixiviación de nutrientes.
- Mejora la textura y estructura del suelo.
- Aumenta la fertilidad de los suelos.
- Mejora la capacidad de intercambio catiónico.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales de campo.

- Barrenos
- Fundas plásticas
- Libreta de campo
- Computador
- Reactivos
- Semillas de brócoli, coliflor, frejol, avena, y zarandaja
- Herramientas manuales
- Tanque de plástico de 50 litros
- Transporte

3.1.2. Materiales vegetales

- Plántulas de brócoli
- Plántulas de coliflor
- Semilla de frejol percal
- Semilla de frejol chavelo
- Semilla de zarandaja
- Semilla de avena

3.1.3. Materiales y Equipos de laboratorio.

- pH metro ORION 4 STAR.
- Balanza analítica, 1/10 mg.
- Erlenmeyers de 500 ml.
- Buretas de precisión de 25 ml.
- Probeta 100 ml.
- Cronometro
- Agitador automático axial
- Diluidor dispensador
- Carro para transporte de bandejas
- Frascos de polietileno
- Medidores de suelo de capacidades de 2.5 - 5 - 10 ml

- Espectrofotómetro UV - 1800
- Bandejas de extracción y dilución
- Diluidores
- Pipetas volumétricas
- Tubos de ensayo
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Bandejas de extracción y dilución
- Cuchareta calibrada
- Pipetas volumétricas
- Cuchareta calibrada
- Vasos plásticos de 50 ml
- Pipetas de 10 ml y 20 ml
- Agitador
- Titulador con bureta automática
- Balanza de precisión
- Estufa a 105°C
- Ollas de presión
- Placas de cerámica porosa -membranas
- Anillos de goma
- Compresor de aire
- Cápsulas
- Vasos plásticos de 250 ml
- Vaquetas
- Probetas Bouyoucos
- Agitador mecánico para suelos con sus accesorios
- Hidrómetro (ASTM)
- Termómetro Centígrado 250°C
- Equipo de barrenación (Barreno tipo Uhland para toma de muestra sin disturbar, juego de cilindros biselados)
- Estufa

- Pala
- Tela porosa
- Ligas

3.1.4. Reactivos

- Solución buffer pH 4, pH7, pH10.
- Ácido sulfúrico
- Ácido orto-fosfórico concentrado
- Solución de dicromato de potasio 1 N
- Acetato de amonio 1 N
- Alcohol etílico
- NaCl
- Formol al 40 % neutralizado
- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3)
- Sal disódica del ácido etilendiaminotetracético (E.D.T.A.)
- Superfloc 127.
- Hidróxido de Sodio (NaOH).
- Fenol básico
- Hidróxido de Sodio
- Solución de Hipoclorito de Sodio
- Agua destilada
- Cloruro de Amonio
- Tartrato de Potasio y Amonio
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido ascórbico
- Fosfato monobásico
- Oxido de lantano al 1%
- Solución patrón: 5000 ug/ml de k, 12500 ug/ml de Ca, 5000 ug/ml de mg
- Solución olsen modificado
- Ácido nítrico

- Ácido clorhídrico
- Solución extractora de cloruro de potasio 1 n
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Alcohol amílico

3.2. Métodos

3.2.1. Ubicación de la investigación.

Esta investigación se efectuó en el sector permacultura de la Quinta Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja (figura 1), a 6 Km al sur de la ciudad de Loja, parroquia Sucre, cantón y provincia de Loja.

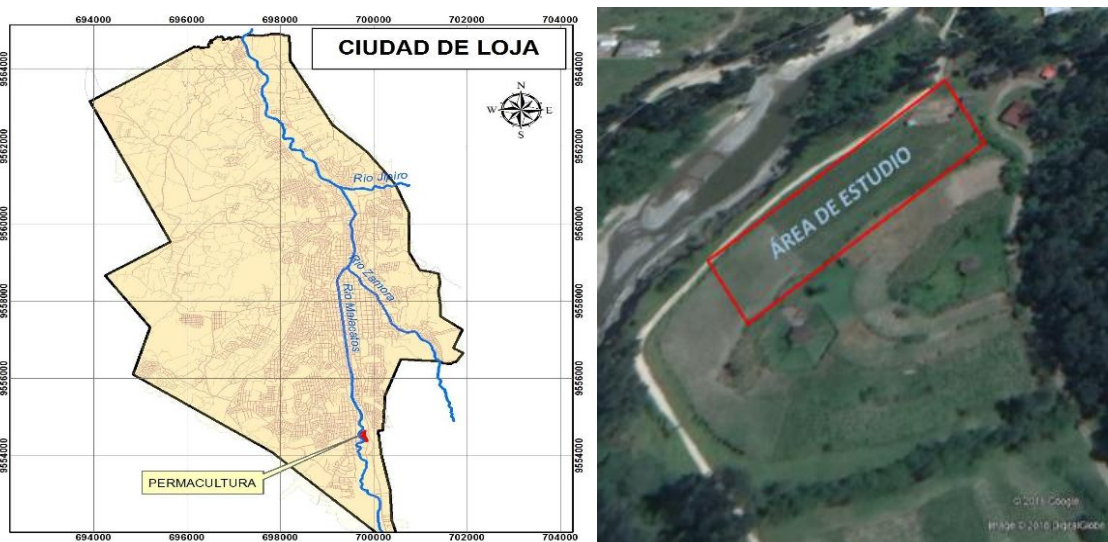


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio Permacultura- UNL (Autora).

3.2.2. Ubicación Geográfica.

El sector “Permacultura” está ubicado en las siguientes coordenadas geográficas.

- Latitud: 4° 2'25.64"S
- Longitud: 79°11'57.77"O
- Altitud: 2135 msnm

3.2.3. Ubicación ecológica

Ecológicamente la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, corresponde a una Zona de vida conocida como bosque seco montano bajo (bs-Mb). Las clasificaciones climáticas según la estación meteorológica “La Argelia”, a partir de un registro de 42 años, son las siguientes: una precipitación anual de 906,9 mm, temperatura media anual de 15,5 °C, temperatura máxima de 27,8 °C, temperatura mínima 3°C, humedad relativa máxima de 78%, humedad relativa mínima de 72%, humedad relativa media 74% y una velocidad del viento media 3,1 ms⁻¹

3.2.4. Condiciones edáficas.

Según el análisis de suelos inicial las características edáficas de los suelos de la Quinta Experimental Docente “La Argelia” son: suelos de origen aluvial franco arenoso, bajos niveles de materia orgánica, pH ligeramente ácido, macro y micro elementos se encuentran en niveles medio a alto, nitrógeno y fósforo en niveles medios (Fuente: análisis realizados en el presente estudio).

3.2.5. Diseños experimentales

- **Diseño para cobertores vegetales**

El diseño experimental esquematizado (Tabla 2), es un diseño bloques completamente al azar con parcelas divididas, este se muestra la forma en que se trabajó en el ensayo: efecto de las prácticas de conservación de suelos y rendimiento de los cultivos con dos hortalizas (brócoli y coliflor) mediante la aplicación de cobertores orgánicos, los mismos que fueron aplicados en un área de trabajo de 768 m² con parcelas de 5x7 m, cada parcela se dividió en sub-parcelas donde se colocó para la siembra abono (bocashi) y colocando sobre el suelo 8 cm de cobertor orgánico, Se realizó 4 tratamientos (tabla 3), cada uno con 4 repeticiones utilizando como cobertores: cascarilla de arroz, taralla y bagazo estos dos últimos se los corto a un tamaño de 5 cm. Se realizó dos evaluaciones: la primera antes de la implementación del cultivo y colocación del cobertor; la segunda evaluación en la etapa de madurez del cultivo. Cave recalcar que durante el ensayo se procuró que los cobertores mantengan un espesor de 8 cm.

Tabla 2. *Diseño experimental de campo utilizado en cobertores orgánicos.*

Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	brócoli	Coliflor
T-1 testigo		Ta-1 taralla		Ba-1 bagazo		T-2 testigo	
Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor
Ba-2 bagazo		Ta-2 taralla		Ba-3 bagazo		T-3 testigo	
Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor
Cc-1 cascarilla		Ba-4 bagazo		Cc-2 cascarilla		Ta-3 taralla	
Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor	Brócoli	Coliflor
T-4 testigo		Cc-3 cascarilla		Ta-4 taralla		Cc-4 cascarilla	

Tabla 3. *Códigos de los tratamientos aplicados en el diseño experimental de cobertores orgánicos.*

Código	Descripción	Tratamiento
T	Testigo	T + brócoli T + coliflor
Ta	Taralla	Ta + brócoli Ta + coliflor
Bg	Bagazo	Bg + brócoli Bg + coliflor
Cc	Cascarilla de arroz	Cc + brócoli Cc + coliflor

- **Diseño abonos verdes**

El diseño experimental esquematizado (Tabla 4), es un diseño bloques completamente al azar, muestra la forma en que se trabajó en el ensayo de efecto de las prácticas de conservación de suelos, mediante la aplicación de abonos verdes una vez que alcanzaron su etapa de floración, los mismos que fueron sembrados en un área de trabajo de 816 m² con parcelas de 5x7m. Se aplicó 6 tratamientos (Tabla 5): zarandaja, zarandaja + avena, frejol chavelo, frejol chavelo + avena, frejol percal, frejol percal + avena cada uno

con 4 repeticiones. Se realizó 3 evaluaciones durante el ensayo: la primera antes de la siembra de abono verde, la segunda cuando el cultivo alcanzo la floración y la tercera 15 días después de la aplicación de los abonos verdes. Además, se realizó dos evaluaciones en la rizosfera: la primera evaluación se la realizo antes de la siembra y la segunda evaluación se la realizo en la etapa de floración del cultivo, lo que nos permitió comparar el contenido de macro y micronutrientes en el suelo y a nivel de la rizosfera.

Tabla 4. *Diseño experimental de campo utilizado para abonos verdes.*

Z-1 Zarandaja	Ch-2 Chavelo	ChA-3 Chavelo + Avena	ZA-4 Zarandaja + Avena
ZA-1 Zarandaja + Avena	P-2 Percal	Ch-3 Chavelo	PA-4 Percal + Avena
Ch-1 Chavelo	ZA-2 Zarandaja + vena	Z-3 Zarandaja	ChA-4 Chavelo + Avena
ChA-1 Chavelo + Avena	PA-2 Percal + Avena	P-3 Percal	Ch-4 Chavelo
P-1 Percal	ChA-2 Chavelo + Avena	PA-3 Percal + Avena	Z-4 Zarandaja
PA-1 Percal + Avena	Z-2 Zarandaja	ZA-3 Zarandaja + vena	P-4 Percal

Tabla 5. *Códigos de los tratamientos a ser aplicados en el diseño experimental de abonos verdes.*

Código	Tratamientos
Z	Zarandaja (L)
ZA	Zarandaja (L) + Avena(G)
Ch	Chavelo (L)
ChA	Chavelo (L) + Avena (G)
P	Percal (L)
PA	Percal (L) + Avena (G)

L: Leguminosa.

G: Gramínea.

- **Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza con comparaciones de Tukey en InfoStat, con la finalidad de mostrar las diferencias significativas entre los tratamientos de cobertores y abonos verdes. Esto permitió determinar los mejores tratamientos en los dos ensayos. La interpretación de la figura se realizara mediante la observación de las letras, letras minúsculas distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

- **Captura y reproducción de microorganismos eficientes (EM)**

Para la obtención de los EM locales, se adaptó la metodología propuesta en varios estudios (Formowitz et al., 2007; Gandahi & Hanafi, 2014; Sharma et al., 2016) con la finalidad de utilizaron los recursos y medios disponibles en la zona de estudio. Para capturar los EM se utilizó vasos de plástico de 200 cm³ en los que se añadió 100 g de arroz previamente cocido (sin sal, sin grasa y con una fuente de proteína) y 25 mL de melaza, y se taparon con malla de plástico que fue asegurada con cinta elástica. Estos vasos fueron colocados directamente en campo en tres medios (tres vasos por medio): a) estiércol de bovino fresco, b) bocashi en proceso de descomposición, y c) mantillo del bosque, por un periodo de ocho días para la captura de microorganismos en campo.

Luego de este lapso de tiempo, el contenido de los recipientes fue mezclado y depositado en un recipiente de 20 L donde se le agrego 4 kg de melaza y 14 L agua, dejando fermentar anaerómicamente durante 5 días a una temperatura que vario de 45 a 60 o C. Posteriormente se tomó 10 L del cultivo fermentado y se pasó a otro recipiente de 20 L donde se añadió 250 g de levadura disuelta en agua, 5 kg de melaza diluida y 500 mL de yogurt natural, y se aforo con agua para su respectiva fermentación anaeróbica por 10 días. De este último se tomó 10 L y se transfirió a un recipiente de 200 L, se agregó 20 Kg de melaza y un vaso de yogurt natural, y se fermento por 10 días. La solución resultante fue la utilizada para inocular en los tratamientos.

- **Elaboración de Bocashi**

Para la elaboración del bocashi, se colectaron materiales como: tierra negra, estiércol de caprino, estiércol de bovino, taralla, cascarilla de arroz, cascara de frejol, bagazo, cal, carbón, roca fosfórica. Una vez recolectados los materiales en las cantidades mencionadas en la tabla 6, se procedió a colocar capas de cada material previamente triturado y se dio la vuelta para asegurar una mezcla homogénea, se mojó el material con una mezcla de agua y

microorganismos capturados asegurando de esta manera la actividad biológica, lo que permitió la descomposición de los materiales utilizados. Este proceso fue repetido por dos veces con la finalidad de obtener la cantidad necesaria para la siembra, el proceso para la obtención de bocashi duro 15 días por cama.

Tabla 6. *Materiales para elaboración de bocashi.*

Material	Cantidad
Tierra negra	12 sacos
Estiércol de caprino	8 sacos
Estiércol de bovino	4 sacos
Taralla picada	4 sacos
Cascarilla de arroz	3 sacos
Bagazo	1 sacos
Cascara de frejol	2 sacos
Cal	2 kg
Carbón	3 kg
roca fosfórica	2 kg
Solución de microorganismos	1 Tanque de 100 litros

- **Determinación de la infiltración acumulada**

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, qué caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para evitar que las plántulas introducidas en una reforestación sufran un exceso de agua. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

- **Peso foliar**

Consistió en determinar el peso de 10 plántulas de frejol de los diferentes tratamientos, dichas plántulas antes de pesar serán sometidas a un lavado con agua hasta eliminar cualquier fracción de suelo que permita que varíe el peso. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

- **Materia Seca**

La materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. El procedimiento

consiste en pesar la materia fresca (en su estado natural), y someterla a un secado por calentamiento en un horno de laboratorio, llegando a una temperatura de 105 °C, durante 48 horas. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

$$\text{Materia Seca (\%)} = P' / P \times 100$$

P' = Peso de la muestra después de la desecación.

P = Peso de la muestra antes de la desecación.

3.2.6. Metodología para análisis fisicoquímico de suelos.

- **Toma de muestras.**

1. Se tomó una muestra disturbada de suelo de cada repetición de los 6 tratamientos, la misma que fue tomada con el barreno en cruz, se procedió a desprender la muestra del barreno en un plástico se mezcla y se toma la muestra que se utilizará para el análisis fisicoquímico del suelo. Además, se toma una muestra no disturbada con un cilindro numerado.
2. Las muestras tomadas en campo fueron llevadas al invernadero del laboratorio de Análisis fisicoquímico de suelos, aguas, y bromatología de la Universidad Nacional de Loja, donde se colocaron los suelos en cajas previamente pasando el rodillo para desintegrar agregados y se coloca la muestra al aire libre.
3. Posterior a esto se procedió a tamizar en 250 micrones para materia orgánica y para análisis de textura, macro y micronutrientes, CIC, tamiz de 2mm.
4. Finalmente se enfundó, identificó y se llevó al laboratorio para la ejecución de análisis fisicoquímicos.

- **Determinación de pH.**

Consiste en la mezcla de suelo con agua destilada, agitación y reposo por 30 minutos y se mide el potencial de hidrógeno utilizando un potenciómetro y se procede hacer la interpretación según se muestra en la (Tabla 6). La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

Tabla 7. Estándares para interpretación de pH.

<i>Ph</i>	<i>Interpretación</i>
< 5,5	Ácido
5,6 a 6,4	Ligeramente ácido
6,5 a 7,5	Prácticamente neutro
7,6 a 8,0	Ligeramente alcalino
> 8,1	Alcalino

- **Determinación de materia orgánica por el método de Walkley Black.**

Consistió en la obtención de la concentración de carbón orgánico, de esta manera se pretende obtener la relación carbono-nitrógeno a fin de determinar el grado de formación, la capacidad de intercambio catiónico y el desarrollo de los microorganismos. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

Se realiza el cálculo mediante la fórmula:

Cálculos:

$$C(\%) = \frac{(V_o - V) \times N \times 0.39}{PM}$$

$$MO(\%) = \frac{(V_o - V) \times N \times 0.39 \times 1.72 \times 1.1}{PM}$$

C (%): Porcentaje de Carbono.

PM: Peso de la Muestra.

Vo: Volumen de titulación del blanco.

V: Volumen de titulación de la muestra.

N: Normal.

MO (%): Porcentaje de Materia Orgánica.

- **Capacidad de intercambio catiónico**

Consiste en el desplazamiento de los cationes de cambio del complejo de absorción por el amonio de una solución salina a pH neutro (acetato de amonio uno normal). Determinación efectuada por espectrofotometría de absorción atómica. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

CÁLCULOS:

$$\text{CIC} = (\text{Gasto de NaOH } 0,1 \text{ N de la muestra} - \text{gasto de NaOH del blanco}) \times 2$$

$$\text{CIC} = \text{meq}/100 \text{ g}$$

- **Solución Extractante para análisis de macro y micro-elementos en el suelo**

Consiste en extraer la muestra con una solución de bicarbonato de sodio con pH 8.5. Este método es adecuado para suelos calcáreos, alcalinos o neutros que contienen fosfatos de calcio en solución disminuida por precipitación de CaCO_3 . El procedimiento también puede ser aplicado a suelos ácidos porque el carbonato transformado disminuye la solubilidad de Al Fe y así aumenta la concentración de fosfato. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

- **Determinación de Nitrógeno amoniacal en suelos.**

Consiste en obtener el compuesto de azul de indo-fenol en la reacción a pH alto del amonio e hipoclorito. El calcio y el magnesio se completan con el citrato para evitar interferencias. El procedimiento fue el siguiente:

1. Tomar 2,5 mL de suelo, agregar 25 ml de solución extractante (Olsen modificado), agitar 10 minutos y filtrar.
2. Tomar 2 ml del filtrado, agregar 8 ml de fenol básico y agregar 10 mL de NaClO . Dejar reposar por 3 horas sin exponerlo a la luz directa, para mantener por más tiempo el color estable.
3. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución patrón de 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ y como cero la solución extractante, realizar las mismas diluciones que el numeral 2.
4. Leer la absorbancia una longitud de onda de 630 nm.

5. Construir la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones 0 – 62,5 -125- 187,5 - 250 ppm
6. Interpolar los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construida y reportar directamente en mg de N por 1000 ml de suelo (ppm).

- **Determinación de fósforo en suelos.**

Se basa en la medición de la intensidad de calor producido por el complejo azul de fosfomolibdato. Este complejo que es heteropoliácido se forma por la reacción de ion ortofosfato con el ion molibdato en medio ácido. El ácido ascórbico reduce parcialmente el complejo formado y genera el color azul. El procedimiento es el siguiente:

1. Tomar 2.5 ml de suelo y agregar 25 ml de solución extractante, agitar por 10 min y filtrar.
2. Tomar 1 ml de del filtrado y agregar 4 ml de agua destilada y agregar 5 ml de reactivo color B de molibdato de amonio. Reposar por 1 hora en cámara oscura para que el color se estabilice.
3. Hacer la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones: 0, 30, 60, 90, 120 ppm.
4. Interpolar los datos de observancia.

- **Determinación de Calcio, Potasio y Magnesio de suelos**

Los elementos potasio, calcio y magnesio en solución son atomizados en la llama aire-aceite lo que permite que se absorba la radiación proveniente de átomos presentes. La adición de óxido de lantano se hace con el fin de eliminar la interferencia de carácter químico. El procedimiento fue el siguiente:

1. Colocar 2,5 mL de suelo y 25 ml de la solución extractante, agitar por 10 minutos a una velocidad de 400 rpm y filtrar.
2. Tomar 2 mL de alícuota del filtrado, añadir 8 ml de agua destilada y 10 mL del reactivo de color B de molibdato de amonio, dejar reposar 1 hora.
3. Hacer la curva de calibrado tomando en cuenta como punto alto la solución de 12 mg/mL de P y como cero la solución extractante, realizar las mismas diluciones del numeral 2.
4. Leer la absorbancia en el espectrofotómetro UV a una longitud de onda de 680 nm.

5. Construir la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones 0 - 30 - 60 - 90- 120 ppm.
6. Interpretar los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construida y reportar directamente en mg de P por 1000 mL de suelo.

- **Determinación de Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc**

Los elementos cobre, hierro, manganeso y zinc en solución son atomizados en llama aire-acetileno, lo que permite que se absorba la radiación proveniente de una lámpara del mismo elemento en forma proporcional a la cantidad de átomos. El procedimiento fue el siguiente:

1. Tomar 2,5 mL de suelo y 25 mL de la solución extractante Olsen. Agitar 10 minutos y filtrar.
2. Hacer la curva de calibrado utilizando como punto alto la solución 3 – 10 – 3 – 2 ug/mL de Cu – Fe – Mn – Zn, y como cero la solución extractante.
3. Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica directamente del filtrado, usando las condiciones y concentraciones 0 - 30 - 60 - 90- 120 ppm.

- **Determinación de textura del suelo**

Consiste en calcular el tiempo de sedimentación de Arena, Limo, Arcilla, según la ley de Stokes $V = gr^2/n (dl-dp)$, “La ley de Stokes se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar”. La técnica utilizada fue la descrita en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL.

- **Constantes hidro-físicas**

El método utilizado fue el descrito en el manual de prácticas del Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología de la UNL. A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas para la obtención de los cálculos.

Cálculos:

$$\% \text{ Saturación} = \frac{(P_{nms} \text{ (g)} - P_{ns} \frac{1}{3} \text{ atm (g)})}{P_{ns} \frac{1}{3} \text{ atm (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad } \frac{1}{10} \text{ atm} = \frac{(Pn \frac{1}{10} \text{ atm (g)} - Pns \frac{1}{3} \text{ atm (g)})}{Pns \frac{1}{3} \text{ atm (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad } \frac{1}{3} \text{ atm} = \frac{(Pn \frac{1}{3} \text{ atm (g)} - Pns \frac{1}{3} \text{ atm (g)})}{Pns \frac{1}{3} \text{ atm (g)}} \times 100$$

$$\text{PMP (\%)} = \frac{(Pn 15 \text{ atm (g)} - Pns 15 \text{ atm (g)})}{Pns 15 \text{ atm (g)}} \times 100$$

$$Da = \frac{Pns \frac{1}{3} \text{ atm (g)}}{100}$$

Dónde:

Pnms = Peso neto de la muestra saturada.

Pn = Peso neto

Pns = Peso neto seco

PMP = Punto de marchitez permanente

Da = Densidad aparente

• **Determinación de la densidad del suelo**

Permite una evaluación del estado de compactación de un suelo, del cual dependen un cierto número de propiedades físicas, tales como la circulación hídrica, la aireación etc. También se puede hacer un seguimiento, tener una idea de la estabilidad estructural.

Cálculos:

$$Da (g/cm^3) = \frac{\text{Peso del cilindro con suelo seco (105°C)} - \text{Peso del cilindro vacío}}{\text{Volumen del cilindro (100cc)}}$$

4. RESULTADOS

4.1. *Evaluar el efecto de cobertores orgánicos sobre parámetros edáficos y rendimiento de dos hortalizas*

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis físico de suelos donde se obtuvo que las texturas presentes en estos suelos son: franco arenoso, franco; así mismo se evidenció que predomina la textura franco arenoso, ya que este suelo es de formación aluvial y está ubicado junto al río.

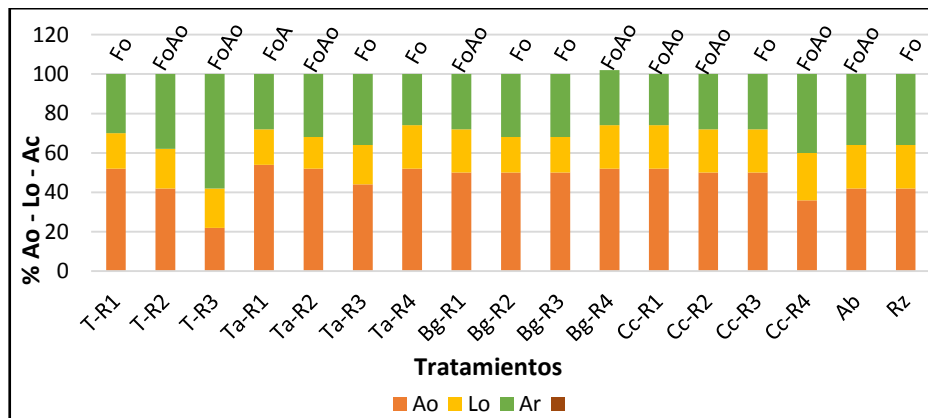
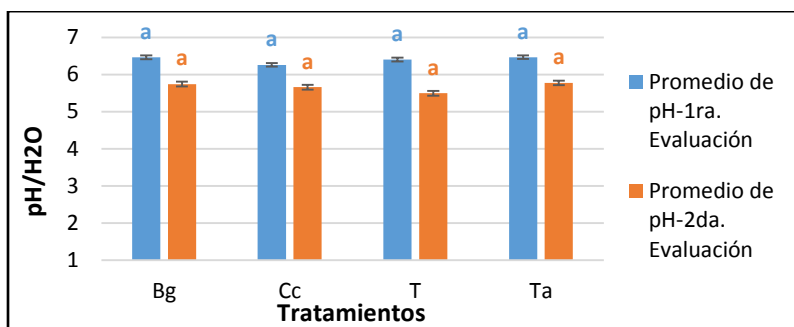


Figura 2. *Texturas de los tratamientos aplicados en las parcelas de cobertores orgánicos y abonos verdes previos a la implementación de los ensayos.*

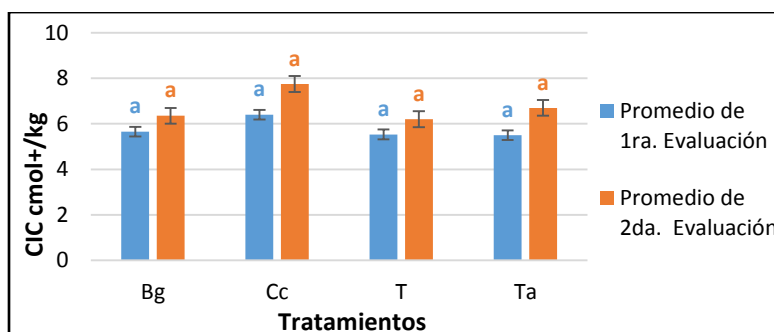
En la figura 3 se muestran resultados de las dos evaluaciones realizadas para la determinación de pH de las parcelas donde se aplicaron cobertores orgánicos demostrándose que los niveles más altos de pH se presentaron en los tratamientos de bagazo y taralla con un promedio en la primera etapa de investigación de 6,8 y los niveles se presentaron en el testigo 5,5; mientras que, para la segunda etapa hay una reducción en el tratamiento de taralla con 5,5 y el más bajo en cascarilla de arroz con 4,9. Con los datos obtenidos se determinó que los suelos se modificaron de ácidos a ligeramente ácidos. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el pH.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 3. Resultados de pH obtenidos de los tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

En la figura 4 se muestran resultados de la capacidad de intercambio catiónico para las dos etapas de investigación. En la primera etapa el tratamiento con cascarilla de arroz presentó un 6,2 cmol+/kg; testigo, taralla, bagazo con 5,5 cmol+/kg. Mientras que en la segunda se evidenció un incremento de 1,6 cmol+/kg en cascarilla de arroz, 1 cmol+/kg con taralla, y 0,7 cmol+/kg en el bagazo y testigo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar la CIC.

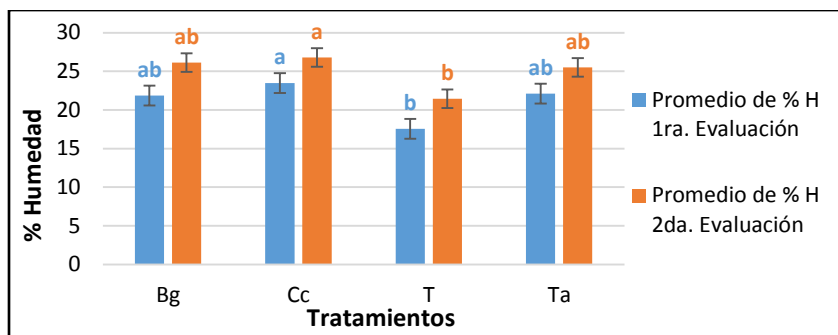


Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 4. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico realizado en los tratamientos de cobertores orgánicos.

En la figura 5, se muestra el contenido de humedad para los diferentes tratamientos aplicados con cobertores orgánicos. En la primera etapa de investigación, mediante la aplicación con cascarilla de arroz se consiguió los valores más altos en 25,2%. Mientras que el contenido mínimo de humedad se presentó en el testigo con un valor del 19 %. En la segunda etapa de investigación se presentaron los valores más altos en el tratamiento con cascarilla de arroz de 26% y el porcentaje más bajo se presentó en el testigo con un valor de 22% de contenido de

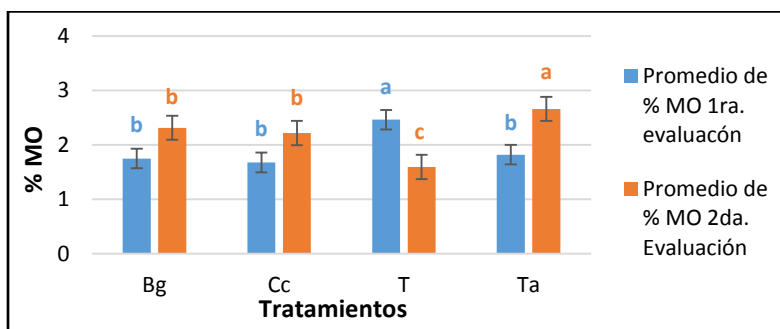
humedad. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el porcentaje de humedad.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 5. Resultado del contenido de humedad en los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

En la figura 6 se presenta el contenido de materia orgánica en dos etapas de investigación donde se muestra un incremento en cada etapa de 0,9%. En la primera etapa de cultivo el valor más alto del % MO fue en el testigo con 2,3% y el valor más bajo en los tratamientos con cascarilla de arroz, bagazo y taralla con 1,6%. En la segunda etapa de investigación el valor más alto se presentó en los tratamientos con taralla, bagazo y cascarilla de arroz con 2,7% y el valor más bajo en el testigo con 1,5%. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el porcentaje de materia orgánica.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 6. Resultados del contenido de Materia Orgánica en los diferentes tratamientos con cobertores.

En la figura 7 se muestra el resultado de la infiltración acumulada tomada en unidades de tiempo hasta que se mantenga constante la infiltración, esta evaluación se la realizo en campo con la ayuda del doble anillo infiltrometro, determinando así que los tratamientos con bagazo y taralla muestran mayor capacidad de infiltración, mientras que la cascarilla de arroz muestra la capacidad más baja de infiltración, esto debido a que la cascarilla de arroz presenta mayor densidad en el suelo.

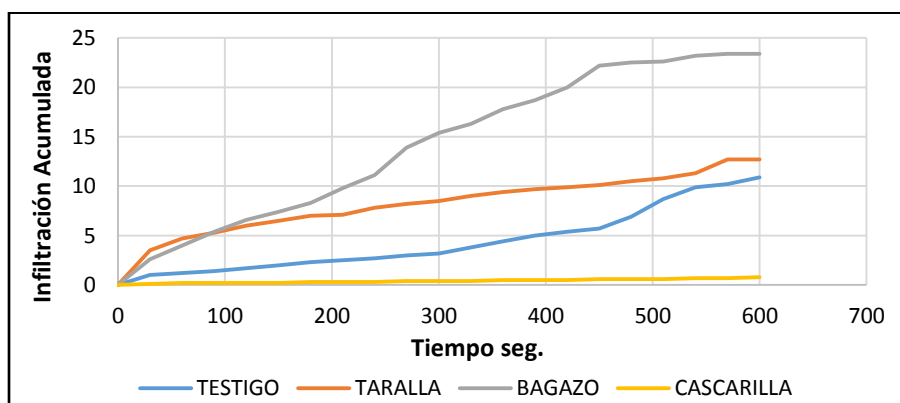
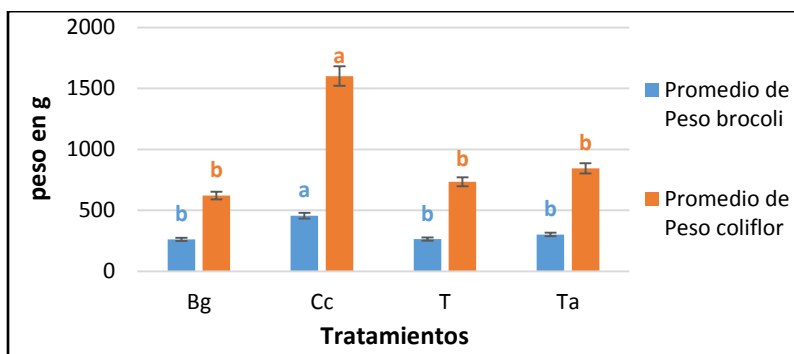


Figura 7. Resultado de infiltración acumulada de los tratamientos de cobertores orgánicos.

En la figura 8 se muestran los valores obtenidos del peso de las hortalizas cultivadas en la investigación, donde los valores más altos para brócoli se presentaron en el tratamiento de cascarilla de arroz con valores promedios de 1 libra y los valores más bajos en el testigo con valores promedios de 0,4 libras. Así mismo en el cultivo de brócoli se presentaron los valores promedios más altos en el tratamiento con cascarilla de arroz con peso de 3,5 libras, y los valores más bajos se presentaron en el tratamiento con bagazo con valores de 0,5 libras. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukeym presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a variar el peso del brócoli y coliflor según el cobertor.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Figura 8. Resultados del promedio de peso de las dos hortalizas cultivadas.

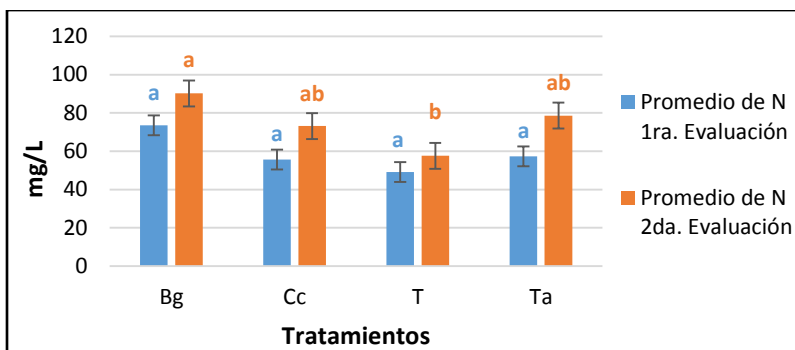
Tabla 8. Resultados de las diferentes constantes hidrofísicas determinadas en dos etapas de la investigación.

Trata.	%Saturación 1er Etapa	%Saturación 2da Etapa	%Hd 1/10 1ra Etapa	%Hd 1/10 2da Etapa	%Hd 1/3 1ra. Etapa	%Hd 1/3 2da Etapa	PMP 1er Etapa	PMP 2da Etapa	Da 1er Etapa	Da 2da Etapa
T	23,34	25,28	20,07	22,29	19,07	20,68	7,63	6,36	1,69	1,57
Ta	22,75	26,27	21,98	21,93	21,13	21,13	9,01	7,80	1,64	1,56
Bg	21,72	26,89	20,10	21,92	20,15	20,15	8,66	7,65	1,71	1,52
Cc	26,26	26,13	24,56	25,06	23,62	23,62	10,32	8,48	1,61	1,51

Como se muestra en la tabla 7, el valor máximo del Punto de Marchitez Permanente, se presentó en el tratamiento con cascarilla de arroz de 8,48; mientras que el valor más bajo correspondió al testigo con 6,36. La Densidad Aparente considerada como una característica física, en términos de gramos por centímetro cúbico, fue más significativa en el testigo con 1,69 g/cm^3 ; mientras que el valor más bajo se presentó en el tratamiento con cascarilla de arroz con 1,61 g/cm^3 . El tratamiento donde existió la mayor cantidad de nitrógeno fue en tratamiento de cascarilla de arroz mientras que los valores más bajo en las dos etapas de investigación fue en el testigo. Cave recalcar que estos datos obtenidos son de muestras de suelos degradados.

En la figura 9 se muestran los resultados del contenido de nitrógeno obtenidos mediante análisis de suelos realizado en las dos etapas de investigación donde en la primera etapa de investigación se obtuvo 70 mg/L en el tratamiento con bagazo, 53 mg/L en los tratamientos con cascarilla de arroz, taralla; y 50 mg/L en el testigo. En la segunda etapa se muestra un aumento de 20 mg/L en el tratamiento con bagazo cascarilla de arroz y taralla; 8 mg/L en el testigo. Según el

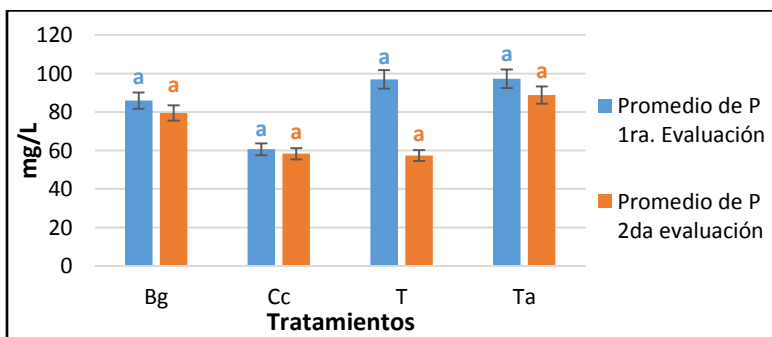
análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas los tratamientos con cascarilla de arroz y taralla, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de nitrógeno amoniacal en todos los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 9. Resultados del contenido de nitrógeno disponible ($N-NH_4^+$) en el suelo de los diferentes cobertores orgánicos.

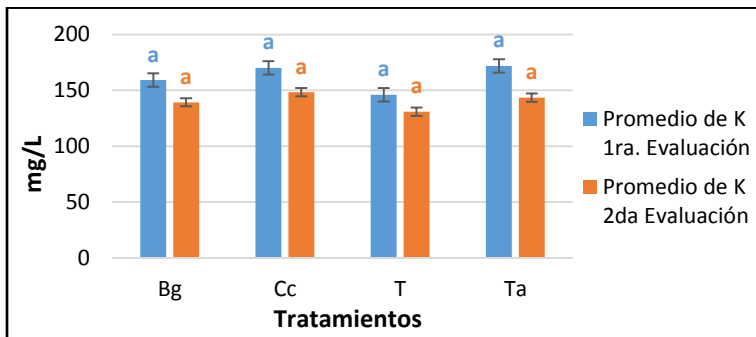
En la figura 10 se muestran los resultados de contenidos de fósforo disponible en el suelo en dos etapas de investigación donde el valor más alto se obtuvo en el tratamiento con bagazo y el testigo con 96 mg/L, y los valores más bajos se presentaron en la cascarilla de arroz con 60 mg/L. En la segunda etapa de investigación los valores más altos del contenido de fósforo se presentaron en bagazo con 80 mg/L y taralla con 89 mg/L; los valores más bajos se presentaron en el testigo y cascarilla de arroz con 56 mg/L. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de fósforo en todos los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 10. Resultado del contenido de fósforo disponible (HPO_4^{2-} o $H_2PO_4^-$) en el suelo de los diferentes tratamientos de los diferentes cobertores orgánicos.

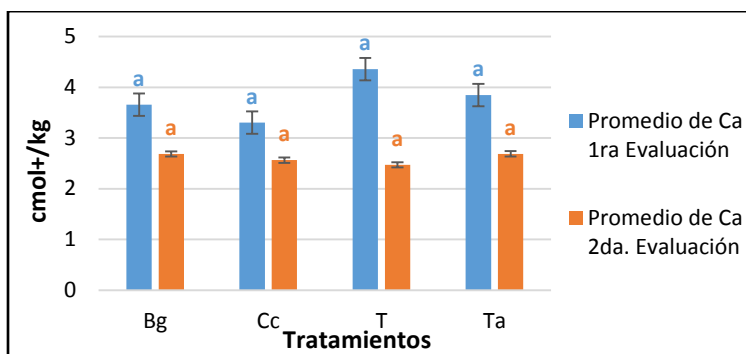
En la figura 11 se muestran los resultados del contenido de potasio en los diferentes tratamientos de cobertores aplicados en el suelo, demostrándose que existe una disminución entre etapa del ensayo, siendo así que en la primera etapa de investigación los datos más altos, con un promedio de 170 mg/L, se obtuvieron en los tratamientos de cascarilla de arroz, taralla y 160 mg/L para el tratamiento con bagazo; mientras que en los valores más bajos se los obtuvo en el testigo con 130 mg/L. En la segunda etapa de investigación se obtuvo una disminución de 30 mg/L en los tratamientos con cascarilla de arroz y taralla mientras que para el tratamiento con bagazo y testigo existió una disminución de 20 mg/L y 12 mg/L respectivamente. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de potasio en los suelos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 11. Resultado del contenido de potasio K^+ en el suelo de los diferentes tratamientos de los diferentes cobertores orgánicos.

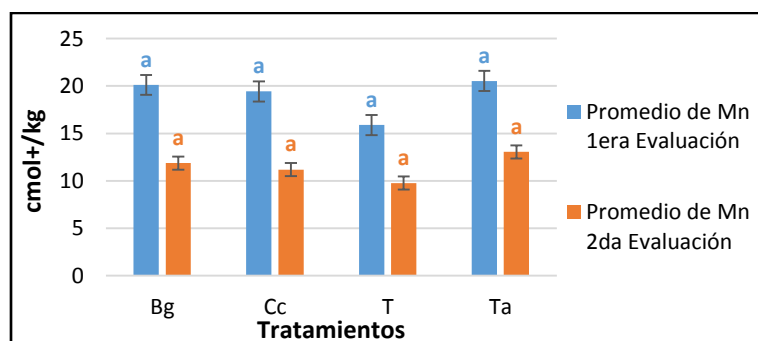
En la figura 12 se muestra el contenido de calcio disponible en los diferentes tratamientos de cobertores aplicados al suelo, en ellos se muestra una disminución representativa en cmol^+/kg de suelo, ya que en la primera etapa de investigación se presentaron contenidos de $3,8 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ en bagazo y taralla; $3,6 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ en cascarilla de arroz; $4,1 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ en el testigo. En la segunda etapa de cultivo se presentó una disminución de $1,1 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ para los tratamientos con bagazo, cascarilla de arroz, taralla y testigo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de calcio en el suelo de los diferentes cobertores.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Figura 12. Resultado del contenido de Calcio disponible de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

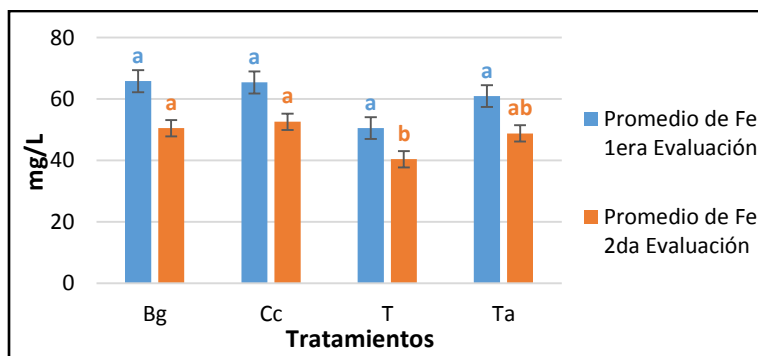
En la figura 13 se muestra el resultado del contenido de manganeso en mg/L de los diferentes de cobertores orgánicos, presentándose una disminución representativa ya que este elemento es parte principal del desarrollo de las plantas, es así que en la primera etapa de investigación se presentó contenidos de 20 mg/L en los tratamientos de bagazo y taralla; 19 mg/L en cascarilla de arroz; y 16 mg/L en el testigo. En la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 8 mg/L en los tratamientos con bagazo, cascarilla de arroz, taralla y testigo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de manganeso en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Figura 13. Resultado del contenido de Manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

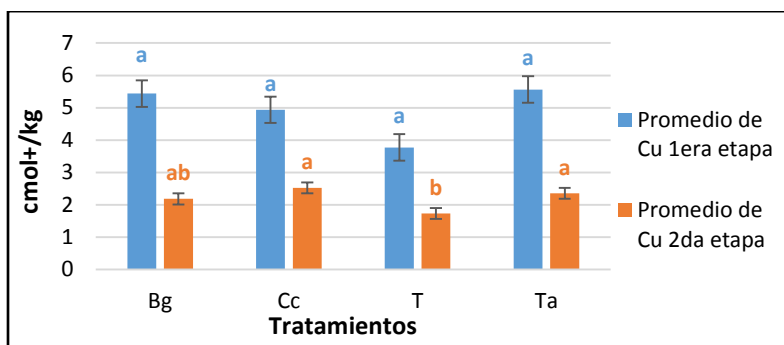
En la figura 14 se muestra el contenido de hierro disponible en mg/L en los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos, siendo así que en la primera etapa de investigación se obtuvo 65 mg/L en los tratamientos con bagazo y cascarilla de arroz; 60 mg/L en taralla; 50 mg/L en el testigo. En la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 15 mg/L en bagazo y cascarilla de arroz; 10 mg/L en taralla y testigo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de hierro en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 14. Resultado del contenido de Hierro disponible de los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

En la figura 15 se muestran los resultados del contenido de cobre disponible en el suelo en cmol+/kg. Es así que en la primera etapa de investigación se obtuvieron datos 5,5 cmol+/kg en los tratamientos con bagazo y taralla; 5 cmol+/kg en cascarilla de arroz, y 3,8 cmol+/kg en el testigo. Mientras que en la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 3,4 cmol+/kg en el tratamiento con bagazo y taralla; 2,5 cmol+/kg en cascarilla de arroz; y 2 cmol+/kg en el testigo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de cobre en los suelos de los diferentes tratamientos.

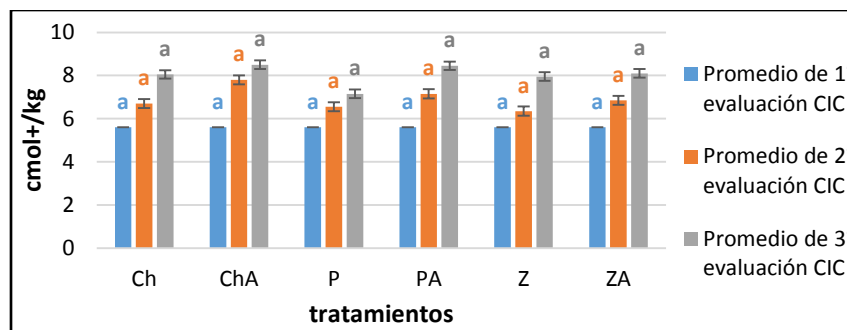


Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 15. Resultado del contenido de cobre en los diferentes tratamientos aplicados en cobertores orgánicos.

4.2. Evaluar el efecto de la incorporación de abonos verdes en propiedades edáficas

En la figura 16 se presentan resultados de las tres etapas de investigación. Con relación a la de la capacidad de intercambio catiónico mediante la aplicación de abonos verdes se obtuvieron valores de 5,8 cmol+/kg en todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa se muestra un incremento del 0,7 cmol+/kg en los tratamientos con fréjol chavelo, percal y zarandaja; 2,1 cmol+/kg en el tratamiento con fréjol chavelo + avena; 1,2 cmol+/kg en los tratamientos de fréjol percal + avena y zarandaja + avena. En la tercera etapa se muestra un incremento con respecto a la primera etapa del 2,2 cmol+/kg en los tratamientos con fréjol chavelo, zarandaja y zarandaja + avena; 2,4 cmol+/kg en los tratamientos con chavelo + avena, percal + avena y 1,2 cmol+/kg en el tratamiento percal. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar la CIC en los suelos de los diferentes tratamientos.

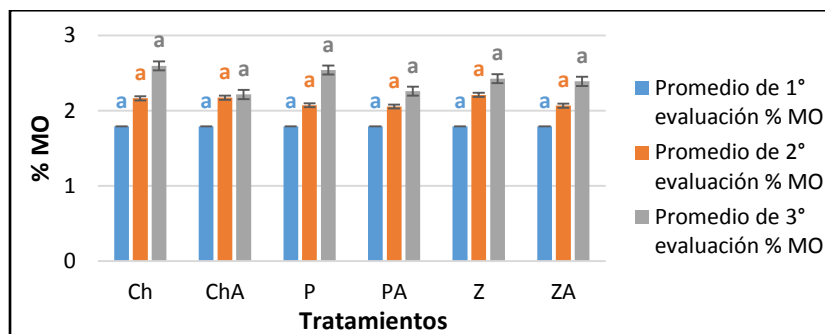


Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 16. Resultado de la capacidad de intercambio catiónico de los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.

En la figura 17 se muestran resultados del contenido de materia orgánica de los tratamientos aplicados en abonos verdes: en la primera etapa se muestra un contenido de 1,7% en todos los tratamientos, en la segunda etapa se muestra un incremento del 0,4% en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, zarandaja; 0,3% en los tratamientos con fréjol percal, percal + avena, y zarandaja + avena. En la tercera etapa se presentó un incremento con respecto a la primera etapa de 0,8% en los tratamientos con fréjol chavelo y percal; 0,4% en los tratamientos con fréjol chavelo + avena y fréjol percal + avena; y 0,7% en los tratamientos con zarandaja y zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una

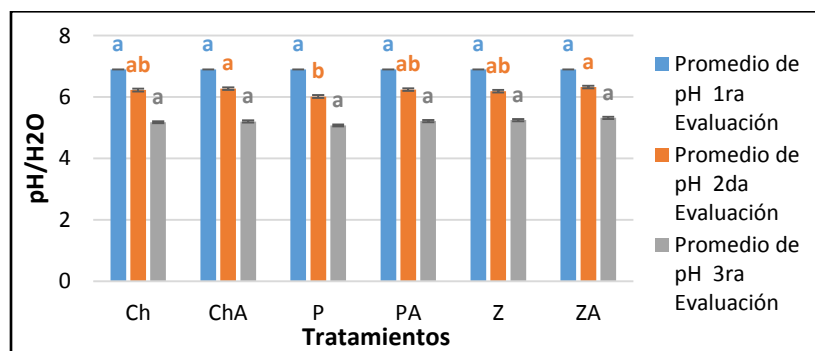
tendencia a aumentar el porcentaje de materia orgánica en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 17. Resultados del contenido de materia orgánica de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

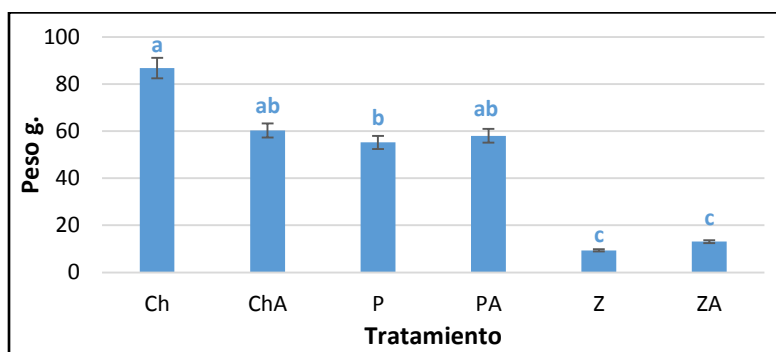
En la figura 18 se muestran los resultados promedio de los niveles de pH de las diferentes parcelas donde se aplicaron los tratamientos para abonos verdes: zarandaja, zarandaja+ avena, chavelo, chavelo + avena, percal, percal + avena, demostrándose que el nivel de pH en la primera etapa está en el rango neutro en la primera etapa; en la segunda etapa se muestra una disminución ubicándose en los niveles de pH ácido, y en la tercera etapa presentando una disminución de un nivel de pH ubicándose en los niveles de suelos ligeramente ácidos. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en la segunda etapa de investigación en los tratamientos con fréjol chavelo, fréjol percal + avena y zarandaja, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el pH en los suelos de todos los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 18. Resultados de los niveles de pH de los tratamientos aplicados en abonos verdes.

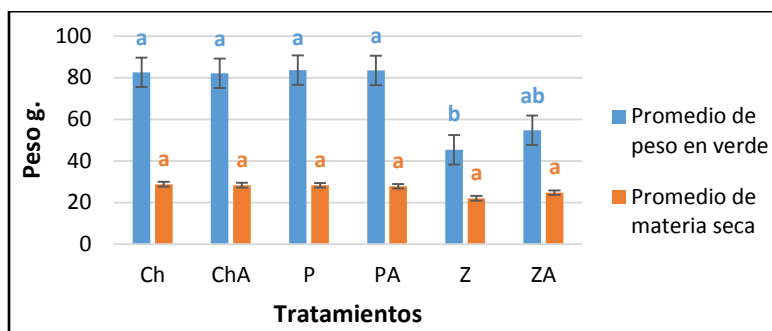
En la figura 19 se muestran resultados del peso foliar de 10 plántulas de fréjol de los diferentes tratamientos obteniendo un peso de 85g de peso en verde raíz tallos y hojas en el tratamiento con fréjol chavelo; 60g en el tratamiento con fréjol chavelo + avena; 59g en los tratamientos con fréjol chavelo + avena y fréjol percal; 5g en zarandaja; y 0,8g en el tratamiento de zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en los tratamientos con fréjol chavelo+ avena, y fréjol percal + avena, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el peso de las plántulas dependiendo de los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 19. *Peso foliar en gramos de 10 plántulas de frejol de los diferentes tratamientos de aplicados en abonos verdes.*

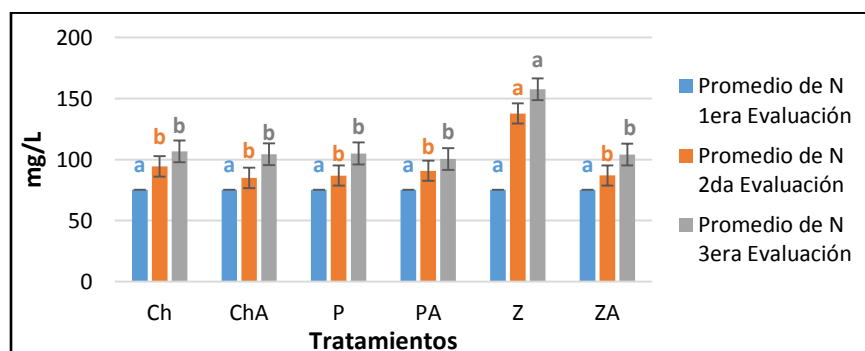
En la figura 20 se muestran los resultados del contenido de materia verde y materia seca de plántulas de frejol en 100 gramos de muestra, debido a la poca área radicular no se logró completar los 100 g a 105°C demostrándose que el 50% de esa es agua. Los resultados obtenidos fueron: 80 gr de materia verde en los tratamientos con frejol chavelo, chavelo + avena, fréjol percal, y percal + avena; 45g en el tratamiento con zarandaja y 47g en el tratamiento con zarandaja + avena. Y los resultados de materia seca son 25g para los tratamientos como chavelo, chavelo + avena, fréjol percal, y percal + avena y 21g para los tratamientos con zarandaja y zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en el tratamiento con zarandaja + avena, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de materia seca.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 20. *Peso de materia verde y materia seca de plántulas de fréjol en 100 g de muestra.*

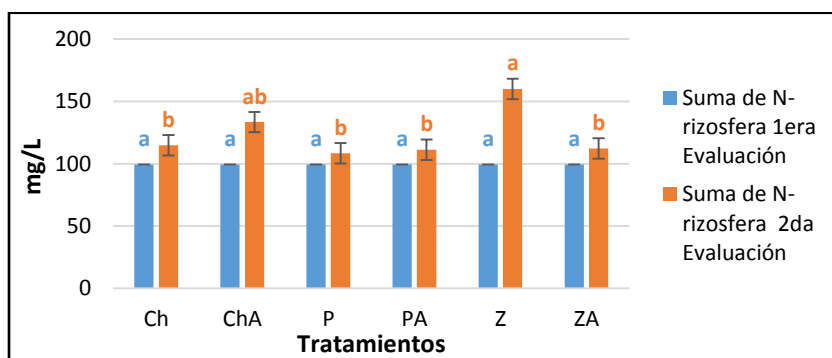
En la figura 21 se muestran los resultados de los análisis de laboratorio donde se obtuvo el contenido de nitrógeno disponible demostrándose que existió un incremento en cada etapa de investigación, siendo los resultados los siguientes para la primera etapa de investigación se mostró un contenido de nitrógeno de 78 mg/L en todos los tratamientos; en la segunda etapa de investigación se mostró un incremento de 22 mg/L en los tratamientos con frejol chavelo; 4 mg/L en los tratamientos con frejol chavelo + avena, frejol percal, percal + avena, zarandaja + avena; 56 mg/L en el tratamiento con zarandaja; en la tercera etapa se mostró un incremento con respecto a la primera etapa de investigación de 24 mg/L en los tratamientos con frejol chavelo, chavelo + avena, percal, zarandaja; 22 mg/L en el tratamiento con frejol percal + avena; y 82 mg/L en el tratamiento con zarandaja. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de nitrógeno amoniacal en los suelos de los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 21. *Resultado del nivel de nitrógeno amoniacal ($N-NH_4^+$) de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.*

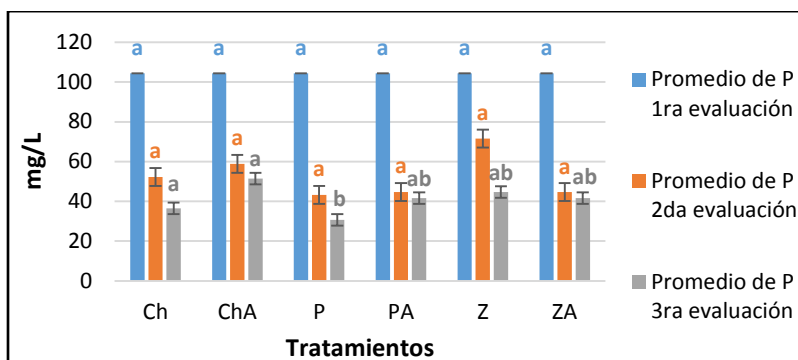
En la figura 22 se muestra el contenido de nitrógeno asimilable de muestras de suelo tomadas a nivel de la rizosfera en cada tratamiento de abonos verdes. El análisis se realizó en dos etapas de investigación; en la primera etapa de investigación se obtuvo 100 mg/L para todos los tratamientos mientras que en la segunda etapa de investigación se obtuvo un incremento de 18 ppm en los tratamientos con fréjol chavelo y zarandaja + avena; 45 mg/L en el tratamiento con fréjol chavelo + avena, 10 mg/L en los tratamientos con fréjol percal, percal + avena, zarandaja + avena; 60 mg/L en el tratamiento con zarandaja. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en el tratamiento con fréjol chavelo + avena, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de nitrógeno amoniacal en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera en los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 22. Resultado del contenido de nitrógeno asimilable en suelo tomado de la rizosfera, en los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

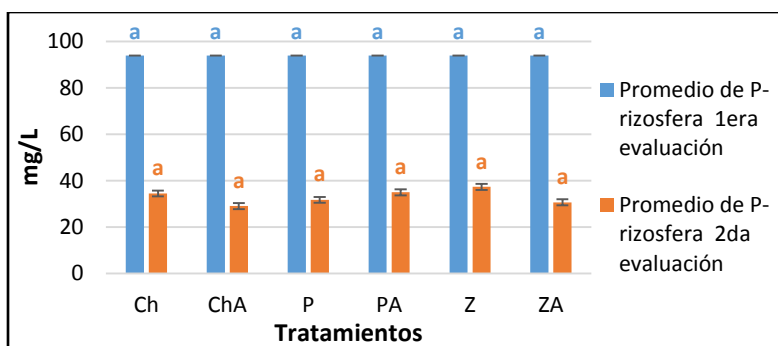
En la figura 23 se muestra el contenido de fósforo disponible en los suelos demostrándose una disminución en cada etapa de investigación, en la primera etapa se obtuvo 105 mg/L en todos los tratamientos; en la segunda etapa de investigación se mostró una disminución del 55 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo y chavelo + avena; 60 mg/L en los tratamientos con fréjol percal, percal + avena, y zarandaja + avena; 35 mg/L en el tratamiento con zarandaja. En la tercera etapa de investigación se mostró una disminución con respecto a la primera etapa con resultados de 65 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, percal + avena, zarandaja, zarandaja + avena; 55 mg/L en el tratamiento con fréjol chavelo. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas los tratamientos con fréjol percal + avena, zarandaja y zarandaja + avena, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de fosforo en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 23. Resultado del contenido de fósforo disponible (HPO_4^{2-} o $H_2PO_4^-$) en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

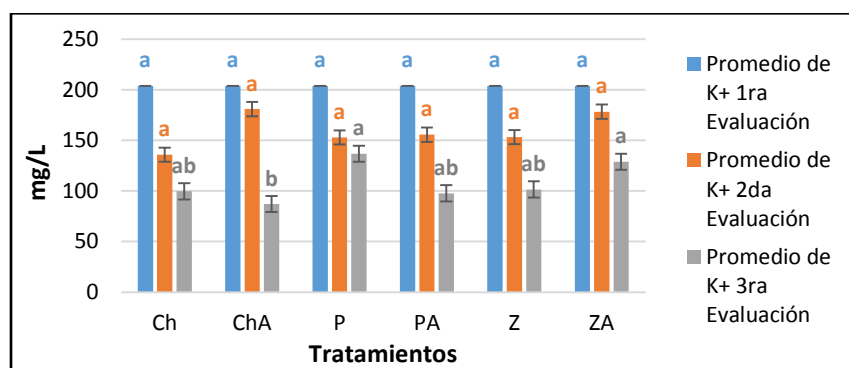
En la figura 24 se muestra el resultado del contenido de fósforo a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos para abonos verdes demostrándose una significativa disminución entre las dos etapas de investigación. En la primera etapa de investigación se obtuvo un promedio de 93 mg/L en todos los tratamientos; en la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 33 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, percal + avena, zarandaja; mientras que en los tratamientos con fréjol chavelo + avena, percal, y zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a aumentar el contenido de fosforo en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera en los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 24. Resultado del contenido de fósforo disponible en suelo tomado de la rizosfera, en los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

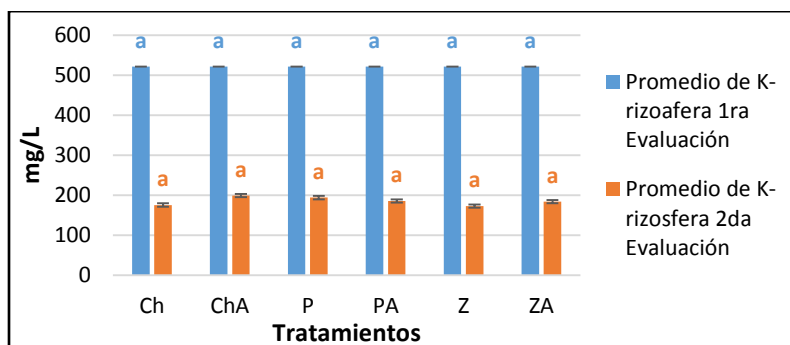
En la figura 25 se muestra el contenido de potasio en los diferentes tratamientos para abonos verdes en tres etapas de investigación. En la primera etapa se obtuvo un promedio de 200 mg/L en todos los tratamientos, en la segunda etapa se muestra una disminución de 60 mg/L en el tratamiento con fréjol chavelo; 20 mg/L en los tratamientos con chavelo + avena y zarandaja + avena; 50 ppm en los tratamientos con frejol percal, percal + avena, zarandaja. En la tercera etapa se muestra una disminución con respecto a la primera etapa de 100 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, percal + avena, y zarandaja; y de 75 mg/L en los tratamientos con chavelo + avena y zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en la tercera etapa de evaluación en los tratamientos con fréjol chavelo, fréjol percal + avena y zarandaja, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia disminuir el contenido de potasio en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 25. Resultado del contenido de potasio K^+ disponible en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

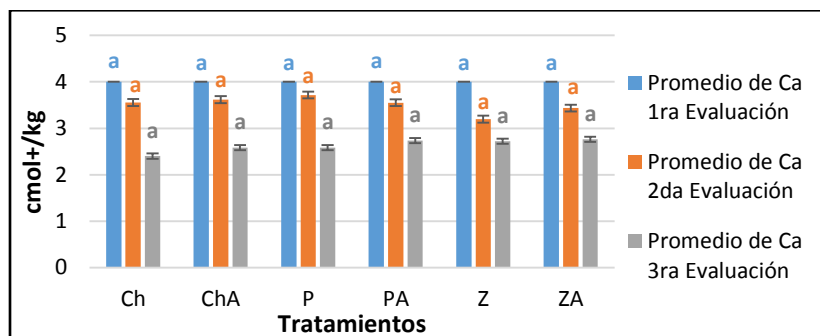
En la figura 26 se muestran resultados del contenido de potasio disponible en el suelo a nivel de la rizosfera del cultivo obteniendo datos en dos etapas de investigación. En la primera etapa de investigación se obtuvo un contenido de 510 mg/L en todos los tratamientos, en la segunda etapa de investigación se mostró una disminución significativa de 330 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, zarandaja, zarandaja + avena; 310 mg/L en los tratamientos con chavelo + avena, percal, percal más avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de potasio en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera en los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 26. Resultados del contenido de potasio disponible en el suelo a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

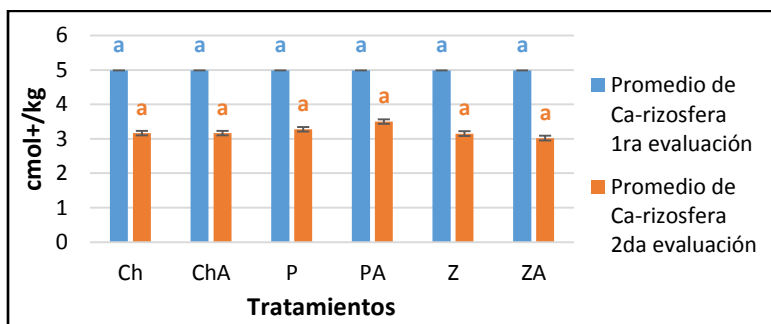
En la figura 27 se muestra el resultado del contenido de calcio disponible en el suelo en los diferentes de los tratamientos aplicados en tres etapas de investigación mostrando una disminución en cada etapa. En la primera etapa de investigación se obtuvo un contenido de 4 cmol+/kg de suelo en todos los tratamientos. En la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 0,5 cmol+/kg de suelo en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, percal, percal+ avena; 0,7 cmol+/kg en el tratamiento con zarandaja y 0,6 cmol+/kg en zarandaja + avena. En la tercera etapa de investigación se mostró una disminución con respecto a la primera etapa del 1,7 cmol+/kg en el tratamiento con fréjol chavelo, chavelo + avena, percal; 1,5 cmol+/kg en el tratamiento con percal, percal + avena, zarandaja, zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de calcio en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 27. Resultado del contenido de Calcio disponible en el suelo en los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.

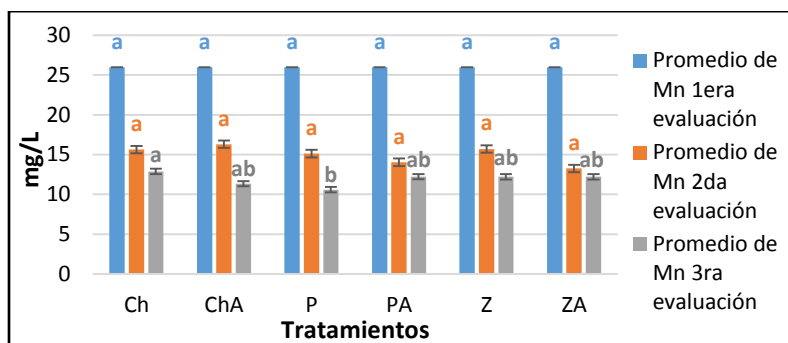
En la figura 28 se muestra el contenido de calcio a nivel de la rizosfera en los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes demostrándose una disminución en las dos etapas de investigación. Es así que, en la primera etapa se obtuvo un promedio de 5 cmol+/kg para todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa se obtuvo una disminución de 2 cmol+/kg en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, percal, zarandaja y zarandaja + avena; y 1,5 cmol+/kg en el tratamiento con percal + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de calcio en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera en los tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 28. Resultados del contenido de Calcio a nivel de la Rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes.

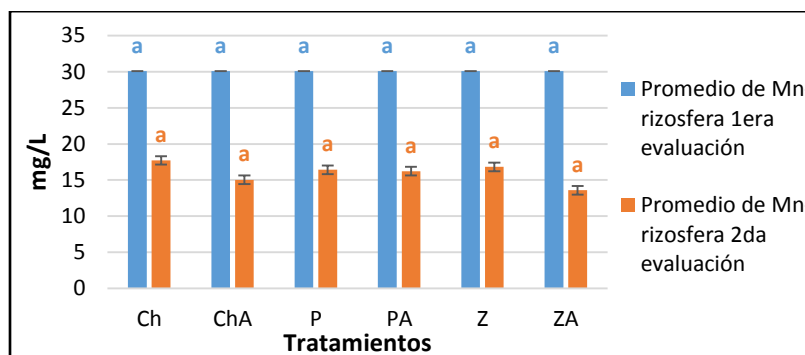
En la figura 29 se muestra el resultado del contenido de manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes mostrándose una disminución en cada etapa de investigación. En la primera etapa de investigación se obtuvo un valor de 25 mg/L en todos los tratamientos, en la segunda etapa se obtuvo una disminución de 10 ppm; así mismo en la tercera etapa se muestra una disminución con respecto a la primera etapa de investigación de 12,5 mg/L en cada tratamiento. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey presenta diferencias significativas en la tercera etapa de evaluación en los tratamientos con fréjol chavelo + avena, fréjol percal + avena y zarandaja + avena, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 29. Resultado del contenido de manganeso en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

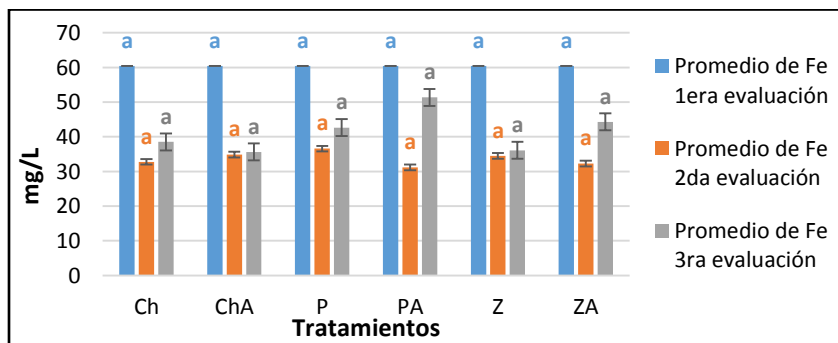
En la figura 30 se muestran resultados del contenido de manganeso a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes, demostrándose en cada etapa de investigación una disminución representativa, es así que en la primera etapa de investigación se obtuvo un contenido de manganeso de 30 mg/L y en la segunda etapa se obtuvo una disminución de 13 mg/L. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de manganeso en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 30. Resultado del contenido de manganeso a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

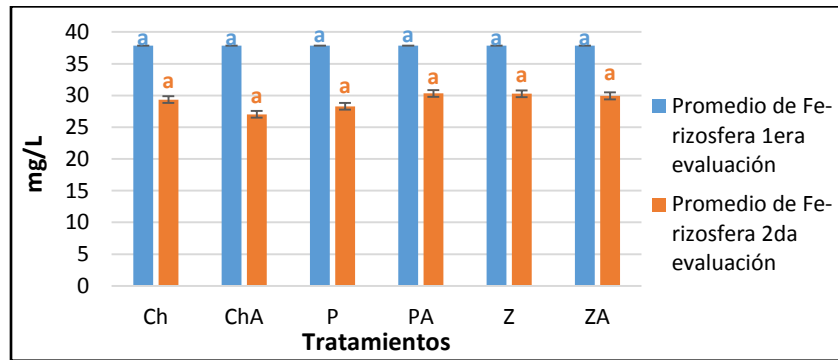
En la figura 31 se muestran resultados del contenido de hierro en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes, mostrándose una disminución entre la primera y segunda etapa mientras que entre la segunda y tercera etapa se muestra un aumento. Es así que en la primera etapa de investigación se obtuvo 60 mg/L en todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa de investigación se mostró una disminución de 25 mg/L en todos los tratamientos, en la tercera etapa se muestra un aumento de 5 mg/L con respecto a la segunda etapa, y una disminución con respecto a la primera etapa de 23 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, zarandaja; 17 mg/L en los tratamientos con fréjol percal, y zarandaja + avena; 7 mg/L en el tratamiento de percal + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de hierro en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 31. Resultado del contenido de hierro en el suelo de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

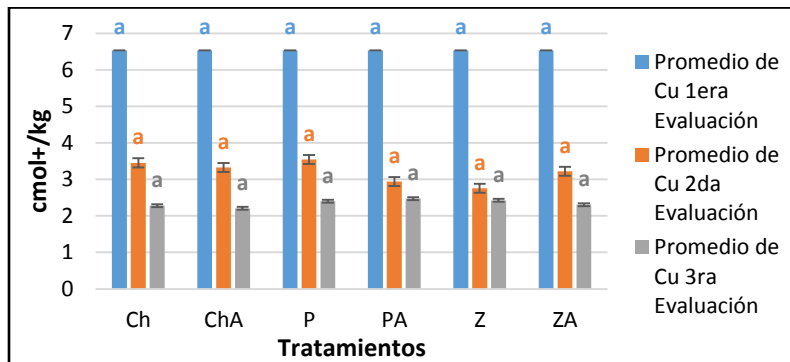
En la figura 32 se muestra el resultado del contenido de hierro a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados a abonos verdes, se mostró una disminución entre las dos etapas de investigación, siendo así que en la primera etapa de investigación se obtuvo un promedio de 37,5 mg/L en todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa de investigación se muestra una disminución de 7,5 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo, fréjol percal + avena, zarandaja, zarandaja + avena; y 10 mg/L en los tratamientos con fréjol chavelo + avena y percal. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de hierro en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 32. Resultados del contenido de hierro a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

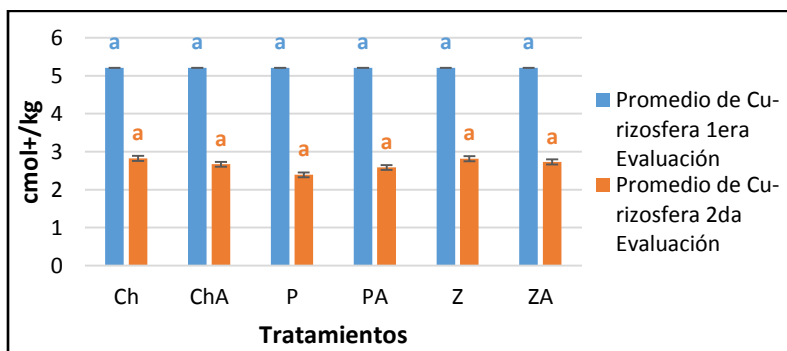
En la figura 33 se muestra el resultado del contenido de cobre de los diferentes tratamientos aplicados en abonos verdes donde se muestra una disminución en cada etapa de investigación siendo así que en la primera etapa de investigación se obtuvo un promedio de 6,5 cmol+/kg en todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa de investigación se obtuvo una disminución de 3 cmol+/kg en los tratamientos con fréjol chavelo, chavelo + avena, y percal ; de 3, 6 cmol+/kg en los tratamientos con fréjol percal + avena, zarandaja, zarandaja + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de cobre en los suelos de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 33. Resultado del contenido de cobre de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

En la figura 34, muestra el resultado del contenido de cobre a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos para abonos verdes en dos etapas de investigación, es así que en la primera etapa de investigación se obtuvo un promedio de 5, 2 cmol+/kg en todos los tratamientos, mientras que en la segunda etapa de investigación se obtuvo una disminución de 2,4 cmol+/kg en los tratamientos con chavelo, chavelo + avena, zarandaja, zarandaja + avena; y 2,6 cmol+/kg en los tratamientos con percal, percal + avena. Según el análisis de varianza con comparaciones de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los datos procesados indican una tendencia a disminuir el contenido de cobre en muestra de suelo tomada a nivel de la rizosfera de los diferentes tratamientos.



Medias con una letra minúscula común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 34. Resultado del contenido de cobre a nivel de rizosfera de los diferentes tratamientos aplicados para abonos verdes.

En las figuras 35, 36 y 37 se muestra el contenido de N, P, K, Ca, Cu, Mn, Fe, en mg/L y cmol/kg en muestras de suelo del ensayo con abonos verdes, donde se muestra una diferencia significativa siendo a nivel de la rizosfera donde se encuentra el mayor contenido de nitrógeno, potasio y hierro en muestras tomadas del suelo acumulado en la rizosfera de las plantas, mientras que el mayor contenido de fosforo, calcio, cobre, y manganeso se encontró en muestras tomadas en suelo de la parcela. Demostrándose de esta manera que el mayor contenido de macro y micro elementos se encuentran en la rizosfera ya que es ahí donde los microorganismos colonizan y permiten la asimilación de los mismos. A mismo los mejores tratamientos fueron: zarandaja, frejol chavelo + avena. frejol percal.

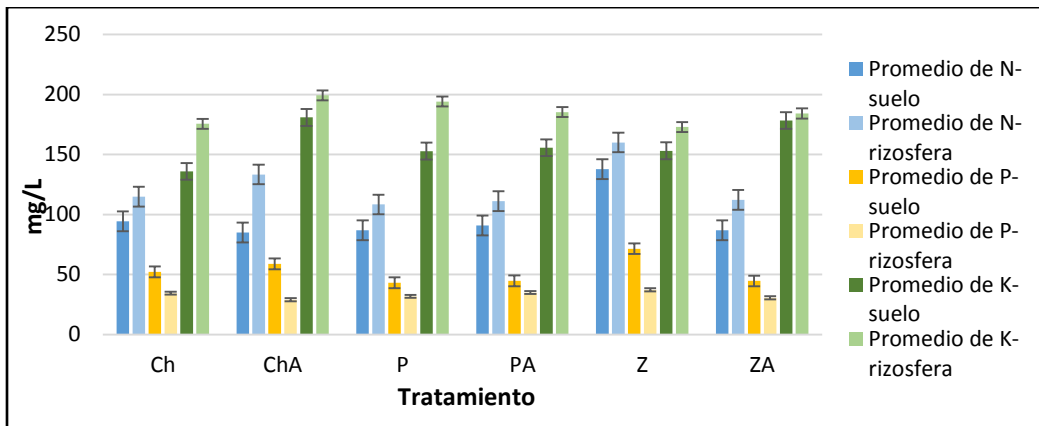


Figura 35. Diferencias en el contenido de N, P, K, en mg/L en muestras tomadas en el suelo del cultivo y en muestras de suelo tomadas a nivel de la rizosfera.

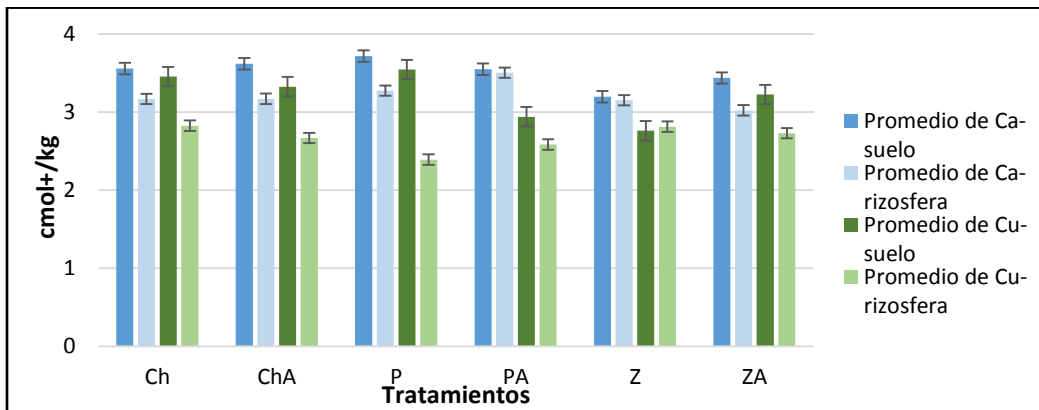


Figura 36. Diferencias en el contenido de Ca y Cu en cmol+/kg de suelo en muestras tomadas en el suelo del cultivo y en muestras de suelo tomadas a nivel de la rizosfera.

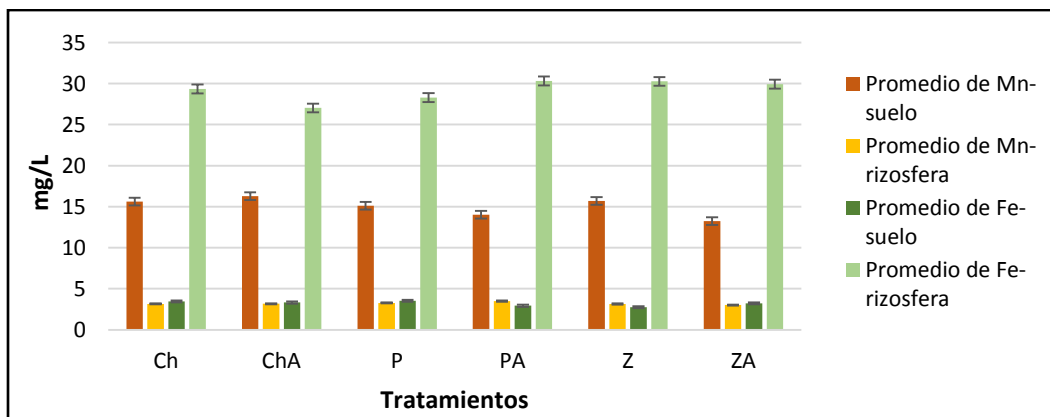


Figura 37. Diferencias en el contenido de Mn y Fe en mg/L en muestras tomadas en el suelo del cultivo y en muestras de suelo tomadas a nivel de la rizosfera.

5. DISCUSIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés en evaluar la calidad y la salud del recurso suelo debido a que es un componente fundamental de la biosfera, funcionando no sólo en la producción de alimentos, sino también en el mantenimiento de la calidad ambiental (Doran & Zeiss, 2017). Es importante estudiar y conocer los patrones de cambio de uso del suelo determinados por variables edáficas, que demuestren el cambio surgido a partir de una investigación (Vanzolini, 2018).

Las texturas encontradas mediante análisis de suelos son: franco y franco arenoso, ya que son suelos de origen aluvial, poseen alto contenido de arena, bajo contenido de materia orgánica y se encuentran ubicados cerca a la rivera del río; por otra parte, estos suelos presentan facilidad de trabajo y escasa plasticidad (Blanquer *et al.* 2014).

El pH en cobertores orgánicos y abonos verdes disminuyó en un promedio de 0,9 unidades en las etapas de evaluación del proyecto, ubicándose entre los niveles de suelos ligeramente ácidos en un rango de 5,5 a 6,4. Estos valores favorecen a que los nutrientes estén disponibles para las plantas y por ende la disponibilidad de cationes para desarrollo de los cultivos, por otra parte, influye directamente sobre el aumento de la capacidad de intercambio catiónico. (Vanzolini & Rivera, 2018).

La capacidad de intercambio catiónico presentó un incremento en cobertores orgánicos de 2,3 cmol+/kg siendo el mejor tratamiento la cascarilla de arroz y en abonos verdes 2,6 cmol+/kg y como mejor tratamiento frejol chavelo + avena, esto por cuanto que los factores determinantes de la CIC son: textura, tipo de arcilla, y porcentaje de materia orgánica; lo que permitió justificar que el aumento de la CIC en la investigación se debió a la textura franco arenosos y el aumento de materia orgánica. El aumento obtenido está alineado a los resultados obtenidos por Hernández (2018), donde tuvo un incremento de hasta 3 cmol+/kg en un estudio realizado con cobertores orgánicos y hortalizas. Así mismo suelos de la provincia de Loja al poseer: arcillas de tipo caolinita, bajo contenido de materia orgánica y textura predominante franco arenosa poseen una capacidad de intercambio catiónico de 5 a 15 cmol+/kg (Chávez *et al.* 2015).

El contenido de humedad aumentó en los tratamientos de cobertores donde se utilizó bagazo y taralla alrededor de 2 % mientras que en la cascarilla de arroz se mantuvo el mismo nivel de humedad, esto probablemente porque durante la investigación se procuró mantener el mismo nivel de bagazo y taralla, son de fácil descomposición y mantiene la humedad (Rivera 2018); por otra parte, la cascarilla de arroz es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, liviano y baja capacidad de retención de humedad, es por ello que mantendrá la humedad con la que se encontró al momento de colocarla en el suelo (Prada *et al* 2016).

El porcentaje de materia orgánica en cobertores orgánicos incremento 1,1% y en abonos verdes 0,8 % por cada evaluación. El porcentaje de materia orgánica en los suelos está determinado por la descomposición de materiales animales y vegetales, el tamaño y la estructura de los restos vegetales en este caso el cobertor orgánico tiene mucha influencia en el aumento de la materia orgánica (Permingeat 2018). Los cobertores más utilizados son: bagazo, viruta, cascara de café, taralla, cascara de maní y cascarilla de arroz; según Gómez (2015) obtuvo los mejores resultados con taralla y bagazo ya que poseen rápida descomposición mejorando significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo. Por otra parte, las leguminosas contribuyen de manera significativa a aumentar el contenido de materia orgánica ya que las leguminosas con mayor área foliar son quienes más aportan con materia orgánica al suelo. García (2016) realizó un ensayo con frejol chinto, bola, percal y zarandaja lo que le permitió determinar que el frejol percal presenta un aumento de materia orgánica de hasta 0,6%; mientras que Chamorro. *et al* (2017) muestra que el frejol chavelo aporta significativamente no solo a la materia orgánica si no también a mejorar todas las características fisicoquímicas del suelo.

Las infiltraciones acumuladas en los cobertores orgánicos presentan mayor cantidad de infiltración en taralla y bagazo, así mismo se mostró menor capacidad de infiltración en los suelos con cascarilla de arroz, esto debido al tamaño y textura de los cobertores por otra parte la cascarilla de arroz es un cobertor que por densidad no permite la infiltración siendo retenida en el cobertor (Villareal *et al* 2015). El nivel de infiltración de un suelo depende de la humedad que este contenga pues a mayor humedad menor infiltración y a menor humedad mayor capacidad de infiltración (Batres *et al*. 2017).

Los resultados obtenidos del peso de las dos hortalizas implementadas para la evaluación de los diferentes cobertores orgánicos muestran que la hortaliza que obtuvo mayor peso es la coliflor alcanzando peso de 1587,56 g por planta, esto por cuanto que el brócoli es una hortaliza que requiere de altos contenidos de N,P,K, mientras que el brócoli alcanzó un peso promedio de 861,82 g; una vez analizado los datos se determinó que el mejor tratamiento fue la cascarilla de arroz donde se obtuvieron los valores más altos. Prada *et al.* (2016) menciona que la cascarilla de arroz permite el desarrollo radicular y de los frutos ya que mantiene su humedad y aumenta el nivel de micronutrientes.

Respecto al contenido de materia verde y materia seca en 100 g de muestra de cada leguminosa, los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos de frejol chavelo, frejol chavelo+ avena, frejol percal, frejol percal + avena con 30 g de materia seca. Esto por cuanto que al ser sometidas a altas temperaturas pierde el 50% de agua de su composición (Petruzzi *et al.* 2017). La materia seca permite determinar el valor nutritivo y composición de una planta, puesto que el aporte de los abonos verdes al suelo es de toda la planta, asegurando de esta forma un aporte representativo al suelo (Rivera (2018).

Las constantes hidrofísicas obtenidas en laboratorio de las etapas de la investigación demuestran que el nivel de saturación de los suelos en las diferentes etapas disminuyó 1%, el porcentaje de humedad aumentó 1%, la densidad aparente y el PMP disminuyó 1%. Un suelo está en un nivel de saturación cuando todos los espacios porosos son ocupados por agua y se facilita el encharcamiento de las parcelas (Ramírez *et al.* 2018), a diferencia la humedad de un suelo está en función de la cobertura del suelo y si este permite el paso de luz directo al suelo; así mismo el valor del PMP depende de las condiciones climáticas del suelo, conductividad hidráulica y la densidad aparente, pues si la densidad aparente disminuye el PMP también lo hará (González *et al.* (2018).

Los contenidos de nitrógeno disponible en los suelos de cobertores orgánicos presentaron valores significativos donde se obtuvo 70 mg/L en el tratamiento con bagazo, 53 mg/L en los tratamientos con cascarilla de arroz, taralla; y 50 mg/L en el testigo. En la segunda etapa se muestra un aumento de 20 mg/L. Los aportes de nitrógeno por lo general son por mineralización de la materia orgánica del suelo en su relación C/N procedente de los restos de cosecha,

fertilización y purines. Así mismo la determinación cuantitativa de nitrógeno está relacionada con la disponibilidad de nutrientes, sistemas de producción y procesos del suelo. (Salas, 2016) Y (Martínez, 2017). En abonos verdes el contenido de N en el suelo en la primera etapa de 78 mg/L, en la segunda etapa de investigación se mostró un incremento de 24 mg/L en los tratamientos con frejol chavelo, chavelo + avena, percal, frejol percal + avena; y zarandaja. El dato obtenido en la investigación no permite comparar con los rangos establecidos para la región sierra de 50 a 150 mg/L, así mismo determinar las leguminosas que poseen mayor capacidad de fijación de nitrógeno como zarandaja y percal donde se puede llegar a obtener hasta 200 mg/L Cumpa *et al.* (2019). Los tratamientos más representativos de las muestras tomadas en el suelo y en la rizosfera, son los tratamientos con zarandaja y frejol chavelo + avena, y en comparación los mejores resultados se muestran en la rizosfera pues es ahí donde se desarrollan los microorganismos que por medio de su actividad biológica permitirán la fijación óptima de nitrógeno atmosférico en el suelo (Martínez 2017).

El contenido de fósforo en cobertores orgánicos muestra diferencias significativas en cada etapa de investigación siendo los valores más significativos los tratamientos con taralla y bagazo; en abonos verdes existió una disminución del contenido de fósforo en la muestra tomada en suelo de 50 mg/L y en la muestra de la rizosfera de 33 mg/L esto debido a la extracción de las plantas. La principal fuente de compuestos orgánicos de fósforo la constituyen residuos de plantas, animales y microorganismos, lo que representa entre un 30 y un 60% de P total (Graham y Miller, 2019). Los microorganismos que colonizan la rizosfera poseen un papel esencial, pueden excretar ácidos orgánicos que incrementan la solubilidad de la fosfatasa (Martínez & Simpson 2017).

El contenido de potasio en cobertores orgánicos mostró una disminución de 15 mg/L y en abonos verdes en muestra de suelo 43 mg/L y en la muestra de suelo a nivel de la rizosfera de 315 mg/L; esto debido a la extracción por las plantas, pues esto depende de la calidad y cantidad de arcillas de un suelo ya que son los principales parámetros que definen el contenido total de K de un suelo (González *et al.* 2017). Por otra parte, un suelo arenoso tiene baja capacidad para mantener la concentración de K cuando las plantas lo retiran durante la etapa de crecimiento las disminuciones de K no solo pueden determinar pérdidas de rendimiento, sino también pueden afectar la calidad de los productos cosechados (Torres 2016).

El contenido de calcio, manganeso, hierro cobre y zinc según los análisis muestran una disminución representativa en cada etapa de los diferentes tratamientos aplicados para cobertores y abonos verdes; estos elementos son los elementos esenciales para la producción agrícola según lo menciona Cázares *et al* (2019) pues estos son asimilados por las plantas con mayor facilidad ya que forman parte esencial en el desarrollo de las plantas hasta su etapa reproductiva y difícilmente son devueltos al suelo. por otra parte, los macronutrientes son asimilados por las plantas en cantidades mayores que los micronutrientes, y son indispensables para transferencia de energía esencial de la vida vegetal, elaboración de proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. (Zamora, 2017).

5. CONCLUSIONES

- El mejor tratamiento en cobertores orgánicos fue la taralla, ya que presenta un excelente nivel de descomposición permitiendo el aumento del contenido de materia orgánica, mejoró la CIC, mejoró el nivel de infiltración, disminuyó el pH y aumentó el contenido de N, P, K y se obtuvo una disminución en el contenido de Ca, Mn, Fe, Co.
- En abonos verdes el mejor tratamiento fue el frejol chavelo, ya según los resultados presenta un aumento en el contenido de materia orgánica, disminuyó el nivel de pH, aumento la CIC, se obtuvo el mayor peso de 10 plantas, mayor cantidad de materia seca, aumento el contenido de N, P, y disminuyó levemente el contenido de K, Ca, Mn, Fe, Co.

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar el ensayo en tiempos más prolongados para obtener mejores resultados y aumentar significativamente, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, macro y micronutrientes, mantener el pH y mejorar constantes hidrofísicas.
- Se recomienda utilizar coberturas orgánicas como: taralla y bagazo, debido a su textura y descomposición mantiene humedad y mejora en corto plazo las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.
- Se debería incrementar como abonos verdes: zarandaja y frejol chavelo ya que son las variedades con mayor porcentaje de fijación de nitrógeno N, P, K.
- Evaluar abonos verdes antes y después de una etapa de producción de un cultivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, O. R., & Valverde, F. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de Maíz bajo labranza de conservación para la Provincia de Bolívar. Agronomía Colombiana.*
- Acevedo-Chávez, J., & Sánchez-Chávez, E. (2017). *Eficiencia del uso de portainjerto sobre el rendimiento y dinámica nutricional foliar de macronutrientes en pimiento morrón. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(3), 685-693.*
- Batres, C. A., & Barahona-Palomo, M. (2017). *Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la cuenca del río Suquiapa, El Salvador. UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED, 9(1), 23-33.*
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). *Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(11), 1-16.*
- Calero, P. A. (2017). *Aplicación del modelo U.S.L.E para la determinación de la pérdida de suelo por procesos erosivos en los páramos de la zona noroccidental del volcán Casahuala, provincia de Tungurahua, Ecuador. (F. d. Humanas, Ed.) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 155.*
- Cázares, J. S., Díaz, L. G. R., Ramírez, F. N., Contreras, R. L. G., Contreras, F. R., Duarte, R. M., ... & Salazar, V. C. (2019). *La fertilidad del suelo afecta el crecimiento, nutrición y rendimiento de algodón cultivado en dos sistemas de riego y diferentes dosis de nitrógeno Soil fertility affects the growth, nutrition and yield of cotton cultivated in two irrigation systems and different nitrogen rates. Terra Latinoamericana, 37(1), 7-14.*
- CONABIO. *Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (2016). Biodiversidad Mexicana. En: Ecosistemas. Procesos ecológicos.* <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose.htm>; consulta: enero, 2016

- Chacón, C. R. (2016). *La participación ciudadana en la conservación de la biodiversidad: Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica*. Biocenosis, 24(1-2).
- Chamorro, L., Baldivieso-Freitas, P., Blanco-Moreno, J. M., Armengot, L., & Sans, F. X. (2017, October). *Efecto del laboreo mínimo (chisel), la fertilización y los abonos verdes sobre la flora arvense y los rendimientos en una rotación de cultivos de cereales y leguminosas ecológicos*. In XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Actas (Vol. 1, No. 1, pp. 125-130). Universidad Pública de Navarra.
- Chávez, A., & Alejandro, R. (2015). *Comparación de dos métodos de determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos con diferentes coberturas orgánicas en la región central de Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Delgado R., Salas A.M (2016). *Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela*. *Agronomía Tropical*. 56(3): 289-323.
- Doran, JW & M Zeiss. (2017). Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *App. Soil Ecol.* 15: 3-11.
- Permingeat F, Loza V, Rovea A y Pozzi L. *Los Cultivos de Cobertura como Alternativa en el Sistema de Producción Agrícola Región CREA Sur de Santa Fe*. Argentina
- FAO, (22 de Julio de 2015). *Degradación del suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/soilsportal/degradacion-del-suelo/es/> F. L. (2012). *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América*. México: Natural Resources Institute, Chatham, Kent ME4 4TB, UK. Obtenido de <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>
- FAO. (2013). Suelos de la Provincia de Loja. 23 *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>
- FAO, O. d. (2014). El suelo. 90 *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>
- García, M. (2016). *Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba*. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 11-16.

- Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça, S; Brefin, ML; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R. (eds), 2014. *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*, Luxembourg, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 p.
- Gelagay, H. S., y Minale, A. S. (2016). Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(2), 126–136.
- Gómez, C. A. (2015). *Efecto de distintos mulchings sobre la humedad y temperatura del suelo, estado hídrico, incidencia de malezas y crecimiento de un cultivo en implantación de mandarina Nova en Concordia, Entre Ríos*. Agricultura tropical.
- González, C. A. A., Santiago, G. A., & Esquivel, G. L. (2016). *Dinámica de absorción de potasio en el cultivo de Litchi (Litchi chinensis Soon)*. *EDUCATECONCIENCIA*, 2(2).
- Graham J., Miller R. 2019. Mycorrhizas: gene to function. *Plant and Soil*. 274: 79–100.
- Gutiérrez, M. (2015). *Carbono como indicador de degradación de la calidad del suelo bajo diferentes coberturas en el páramo de Guerrero* (Disertación Doctoral, Universidad Nacional de Colombia-Bogotá).
- Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L., Naveda Basurto, C. A., Cedeño, G., Monserrate, Á., Vivar Arrieta, M., ... & Venancio, R. (2017). *Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador*. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50-56.
- Jaramillo, J. (2015). *Estudio Del Riesgo Por Erosión Hídrica Del Suelo Utilizando El Modelo U.S.L.E, Mediante Herramientas S.I.G, Aplicado En La Subcuenca Río Portoviejo, Provincia De Manabí*, 143.
- Jimenez, S. (2011). *La erosión del suelo en el Ecuador*. Estudio científico de los índices de erosión en el Ecuador. Ecuador. 162. *Livestock Research for Rural Development*.
- Lorenzo, L. C., Baldivieso, P., Moreno, J. B., Armengot, L., & Sans, F. X. (2017). *Efecto del laboreo mínimo (chisel), la fertilización y los abonos verdes sobre la flora arvense y los rendimientos en una rotación de cultivos de cereales y leguminosas ecológicos*.

In XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: actas: Pamplona-Iruña, 25-27 octubre, 2017 (pp. 125-130). Servicio de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.

Manuel Gisbert Blanquer, Juan & Ibáñez, Sara & Moreno-Ramón, Héctor. (2014). *La textura del suelo*. Researchgate

Manchego, C. E., Hildebrandt, P., Cueva, J., Espinosa, C., Stimm, B., y Gunter, S. (2017). Climate change versus deforestation : Implications for tree species distribution in the dry forests of southern Ecuador. *PLOS ONE*, 12, 1–19.

Mejía Restrepo, E., Osorno Bedoya, L., & Osorio Vega, N. W. (2015). *CONSTRUCTION WASTE: AN OPTION FOR SOIL RECOVERY*. Revista EIA, (SPE2), 55-60.

Martínez-Yrizar, A., Álvarez-Sánchez, J., & Maass, M. (2017). Análisis y perspectivas del estudio de los ecosistemas terrestres de México: dinámica hidrológica y flujos de nitrógeno y fósforo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88, 27-41.

MENA, R. J. A. (2015). *Desarrollo de un plan maestro para la implantación de jardinería ecológica bajo criterios de sostenibilidad y xerojardinería en valencia y su área metropolitana* (Doctoral dissertation).

Muñoz Lozada, M. G. (2016). *Evaluación de algunas características físicas de un suelo dedicado a la siembra directa y convencional de maíz en la zona de Babahoyo, Los Ríos* (Tesis Doctoral, Babahoyo: UTB, 2016).

Narváez Suárez, A. U., Martínez Saldaña, T., & Jiménez Velázquez, M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, (56).

OBIO. *Observatorio Nacional De Biodiversidad*. (2016). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. Suelos. Buenos Aires, Argentina. En: <http://obio.ambiente.gob.ar/suelos>; enero, 2016.*

Ochoa, P. A., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J. I., Ruíz-sinoga, J. D., y Cerdà, A. (2016). Effects of climate , land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena*, 140, 31–42.

- Ortiz-Villajos, J. A. A., de los Reyes, C. P., Navarro, F. J. G., Martín-Consuegra, S. B., Sanchez, M., Gallego, J. A. C., & Higuera, P. L. (2016). Contenido en hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn) en los suelos de Castilla-La Mancha y su implicación en la nutrición de la vid (" *Vitis vinifera*", L.). In *II Jornadas de Viticultura: comunicaciones técnicas: Madrid, 3-4 de noviembre de 2016* (pp. 382-388). Universidad Politécnica de Madrid.
- Petruzzi, H. J., Stritzler, N. P., Ferri, C. M., Pagella, J. H., & Rabotnikof, C. M. (2016). *Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas*. Boletín de divulgación Técnica, 88, 1-11.
- Permingeat F, Loza V, Rovea A y Pozzi L. *Los Cultivos de Cobertura como Alternativa en el Sistema de Producción Agrícola Región CREA Sur de Santa Fe. Argentina*
- Prada-Matiz, A., & Castillo, C. E. C. (2016). *La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral*. *Orinoquia*, 14(2), 155-170.
- Prat, C. (2018). *The Soils of Ecuador*. J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal (Eds.). Springer International Publishing.
- Richardson A. E., Simpson R.J. (2017). *Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus*. *Plant physiology*. 156(3): 989-996. doi:10.1104/pp.111.175448
- Rincón A, Castro H, Gómez M. 2008. *Caracterización física de los suelos sulfatados ácidos del Distrito de Riego del Alto Chicamocha (Boyacá) y su aplicación al manejo*. *Agronomía Colombiana* 26(1):134–145.
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). *pH como factor de crecimiento en plantas*. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 101-105.
- Sanclemente-Reyes, O. E., & Patiño-Torres, C. O. (2015). *Efecto de Mucuna pruriens como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo*. *Entramado*, 11(1), 206-211.
- Torres, D. M. (2016). *Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta*. *Montevideo, Uruguay*. Pág, 99.
- Vanzolini, J. I., Galantini, J. A., Suñer, L., & Martínez, J. M. (2018). *Cambios en el pH del suelo y en la disponibilidad de fósforo durante la descomposición de residuos de leguminosas*. *Repositorio institucional, Universidad Nacional Buenos Aires*.

- Villarreal-Romero, M., Hernández-Verdugo, S., Sánchez-Peña, P., García-Estrada, R. S., Osuna-Enciso, T., Parra-Terrazas, S., & Armenta-Bojorquez, A. D. (2006). *Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate*. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 549-556.
- Villarreal, R., Lozano, L. A., Soracco, G., & Sarli, G. O. (2015). *Influencia del manejo sobre el movimiento del agua en el suelo en condiciones de flujo no saturado*. *Investigación Joven*, 2(1).
- Vimos Reinoso, M. K. (2017). *Evaluación del estado de degradación y de fertilidad según el uso del suelo en tres agroecosistemas* (Tesis Doctoral, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.).
- Zamora, F., Torres, D., Medina, M., & Labarca, R. (2017). *Efecto de los sistemas agroforestales sobre La fertilidad de suelos de ladera de la sierra Falconiana (Venezuela)*. *Academia*, 16(37), 71-81.
- Zhao, G., Mu, X., Wen, Z., Wang, F., y Gao, P. (2013). Soil erosion, conservation , and Eco-environment changes in the Loess Plateau of China, (9), 1-13.

8. ANEXOS

Anexo 1. *Evidencias fotográficas de la limpieza de las parcelas donde se ubicó el ensayo para cobertores orgánicos.*



A: limpieza de maleza y recolección.



B: transporte de maleza fuera del terreno.

Anexo 2. *Evidencias fotográficas de la colocación de los diferentes cobertores orgánicos.*



C: Picado de la taralla de maíz con la finalidad de asegurar la fácil descomposición.



D: parcelas donde se colocó los diferentes cobertores.

Anexo 3. Evidencias fotográficas de la siembra de hortalizas en cobertores orgánicos y siembra de abonos verdes.



E: Siembra de plántulas de brócoli y coliflor.



F: Siembra en parcela de bagazo



G: siembra al boleto de leguminosas.



H: Semilla de leguminosa y gramínea

Anexo 4. Evidencias de la germinación de leguminosas y gramíneas, así como la adaptación de las plántulas de hortalizas.



I: germinación de las semillas de leguminosas y gramíneas.



J: adaptación de plántulas de hortalizas que fueron trasplantadas.

Anexo 5. Evidencias fotográficas de la toma de muestras y prácticas de campo para la obtención de resultados.



K: Muestras tomadas con cilindro.



L: Toma de muestras con el barreno tornillo.

Anexo 6. *Exposición de resultados preliminares, incorporación de abonos verdes, y toma de muestras.*



M: Exposición de resultados preliminares.



N: Mensaje introductorio por el director.



Ñ: Toma de muestras disturbadas.



O: Toma de muestras vegetales.



P: Corte de abonos verdes.



Q: Incorporación de abonos verdes.



R: Día de campo con los estudiantes de 3ro “A”, 3ro “B”, y 4to ciclo de la carrera, y técnicos.



S: Cosecha de Brócoli



T: Recolección de fruto.

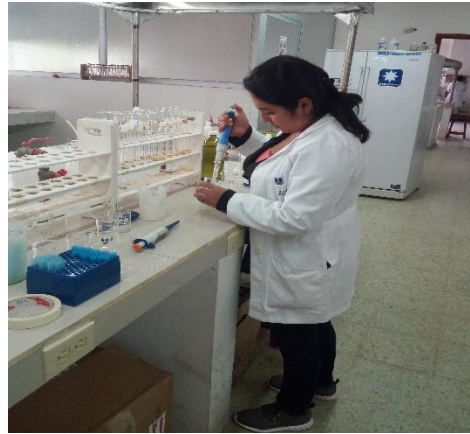
Anexo 7. Toma de datos y análisis de laboratorio.



U: pesado de muestras foliares.



V: Peso de brócoli.



W: Determinación de materia orgánica.



X: Determinación de fósforo.



Y: Determinación de nitrógeno.

Z: Determinación de CIC.