

**Evaluación de parámetros de lixiviados de un suelo salino y las respectivas propiedades
bajo aplicaciones de enmiendas solidas orgánicas**

Autor

Dielver Arboleda Hernández

Código: 94 266 565

Universidad Abierta y a Distancia – Unad

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – Ecapma

Programa De Ingeniería Agroforestal

Cead Palmira

2018

Evaluación de parámetros de lixiviados de un suelo salino y las respectivas propiedades bajo aplicaciones de enmiendas solidas orgánicas

Autor

Dielver Arboleda Hernández

Proyecto aplicado como opción de trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Agroforestal

Tutor: Milton Cesar Ararat Orozco *Ph. D.*

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente

Cead – Palmira

2018

Resumen

El análisis del efecto causado por la aplicación de enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades de un suelo salino conlleva a tomar decisiones que favorecen la recuperación de los suelos. En el laboratorio multipropósito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD se desarrolló el experimento en condiciones controladas para determinar variables químicas; y en condiciones de campo se tomaron las muestras para las determinaciones físicas. A partir de los materiales orgánicos como Biosólidos y cachaza se establecieron tratamientos de aplicación al suelo con el fin de evaluar las variables seleccionadas, se realizó un experimento con lixiviados de dos enmiendas orgánicas (cachaza y Biosólidos) adicionándolas a un suelo con características de Salinidad, con el objetivo de analizar propiedades físicas y químicas. Durante el experimento se tomaron determinaciones de propiedades químicas como pH, Conductividad eléctrica, amonio y nitrato; físicas como: humedad volumétrica densidad aparente y porosidad total. Se tomaron tres tratamientos: T1 Suelo salino + manejo convencional, T2 Suelo salino + aplicación de Biosólidos al suelo, T3 Suelo salino + aplicación de cachaza al suelo.

Los resultados evidenciaron que la aplicación de estas dos enmiendas ayuda a corregir problemas de salinidad. Tal es el caso de pH, donde se evidencio una disminución significativa, siendo el T3 (suelo + cach) el más significativo; la conductividad eléctrica es otra de la variables evaluadas, que da un resultado positivo, siendo el T3 (suelo + cach) el tratamiento que ayuda a bajar los valores de CE. Otros parámetros evaluados son los parámetros físicos como la densidad aparente, la humedad volumétrica y la porosidad que mostraron resultados favorables con la aplicación de los T2 y T3. Siendo el T3 (suelo + cach) el que muestra mayores resultados

Palabras Claves: Lixiviados, enmiendas orgánicas, agua, humedad, suelo salino, cachaza, Biosólidos, determinaciones, químicas.

Contenido

1.	Introducción	7
2.	Planteamiento del Problema	9
3.	Justificación	10
4.	Objetivos.....	11
4.1.	4.1. Objetivo General	11
4.2.	4.2. Objetivos Específicos	11
5.	Marco Teórico.....	12
5.1.	suelos salinos	12
5.2.	suelos salinos en el Valle de Cauca.	14
5.3.	Las Enmiendas Orgánicas	16
5.4.	Biosólidos	17
	Tabla 1. Caracterización del biosólido. PTAR-Cañaveralejo, Cali.	18
5.5.	La Cachaza	19
	Tabla 2. Aporte de nutrientes por tonelada de la cachaza fresca aplicada.....	19
6.	Materiales Y Métodos	21
6.1.	Diagrama resumen de las fases.....	21
6.2.	Localización de la muestra de suelo.	22
6.3.	Recolección de muestras	22

6.4.	Determinación en laboratorio:	23
6.5.	Tratamientos:	23
	Tabla 3. diseño del experimento	23
	Tabla 4. Metodología determinaciones químicas del percolado (lixiviado)	23
	Tabla 5 Metodología determinaciones físicas del suelo.	24
7.	RESULTADOS.....	25
7.1.	Determinación del pH	25
	Gráfica 1. Disminución del pH del suelo con aplicaciones	25
	Gráfica 2. Promedio del pH (1:1)	25
7.2.	Comportamiento del pH con aplicaciones de biosólido y cachaza	26
7.3.	Determinación de la conductividad eléctrica.	26
	Gráfica 3. Conductividad eléctrica del suelo.....	27
	Gráfica 4. Relación de C.E en diferentes tratamientos	28
7.4.	Determinación de Amonio NH_4	28
7.5.	Determinación de Nitrato NO_3	29
	Gráfica 6. Determinación de Nitratos	29
7.6.	Determinacion de humedad volumetrica.....	30
	Gráfica 7. Promedio humedad volumetrica del suelo	30
	Gráfica 8. Tendencia en tiempo de la humedad volumétrica	31
7.7.	Determiacion de la densidad aparente:	32

Gráfica 9. Promedio Densidad aparente del suelo	32
7.8. Determinación Porosidad total	33
Gráfica 10. Porosidad del suelo en diferentes épocas de muestreo	33
Gráfica 11. Promedio Porosidad Total del suelo	34
8. Conclusiones	35
9. Recomendaciones.....	37
10. Bibliografía	38
11. Anexo:	43
Anexo 1. Determinaciones en el laboratorio multipropósito de la Universidad Abierta y a Distancia UNAD	43
Anexo 2. Determinaciones colorimétricas	44
Anexo 3. Análisis químico de un suelo en PALMA SECA. Palmira, Valle	45

1. Introducción

La población mundial va en aumento y con ello la necesidad de una producción elevada de alimentos, pero para tanta producción es necesaria la sobre explotación del suelo, el uso excesivo maquinaria y fertilizantes que han dejado como resultado suelos desertificados por el agotamiento de su capacidad de productiva, la transformación característica físicas y químicas, dicho de otra manera, el suelo ha perdido la calidad y la salud. Doran (1994) citado (Bautista *et al*, 2004) afirma que la calidad y la salud del suelo son características equivalentes estos dos conceptos están íntimamente relacionados y pesar que Doran no los considera sinónimos entre sí, un suelo con una buena calidad y saludable garantiza producción alimenticia, sostenibilidad y ecología. Un suelo saludable, apto para la agricultura, es un suelo que retiene y emana agua, es un filtro, es un suelo que cumple su función en un ecosistema.

Por el contrario, un suelo afectado por problemas de salinidad es un suelo que impide el desarrollo de las plantas. Narváez & Bustamante, (2014) mencionan que altas concentraciones de sodio en los suelos no sólo perjudican las plantas directamente, sino también degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua

En los últimos años ha tomado relevancia términos como recuperación de suelos, agricultura ecológica, agricultura limpia, enmiendas orgánicas, etc. Las enmiendas orgánicas son una alternativa para la recuperación de suelos. Algunas enmiendas pueden ser:

La cachaza, que proviene de los residuos de la industria azucarera, siendo el principal desecho de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con 30 a 50 Kg por tonelada de la materia prima proceda (Zérega, 1993). En tiempos pasados esta era arrumada en grandes pilas que representaban

un estorbo para los ingenios, considerándose como fuente de contaminación ambiental. (García *et al*, 2011)

Otra enmienda orgánica de valor agrícola, son los Biosólidos, que provienen en su mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Ptar). Por la cantidad cada día más eleva, estos Biosólidos han generado un problema ambiental, siendo necesarias estrategias para su disposición final. (Silva & Torres, 2013)

Estos dos productos o desechos tienen un común denominador y es que ambos tienen un potencial agrícola debido a que pueden mejorar las condiciones fisicoquímicas de un suelo salino o como enmiendas orgánicas.

Es importante aclarar que con los Biosólidos se debe tener mayor cuidado a la hora de hacer uso agrícola, por la cantidad de metales pesados y contaminantes que puede contener.

El objetivo de esta investigación se relaciona con los mejoramientos del suelo a través de la adición de estas dos enmiendas orgánicas. Dichas mejoras afectan las características físicas químicas y biológicas del suelo. El trabajo está diseñado para hacer diferentes tratamientos donde se evalúan el suelo en tres condiciones: suelos más cachaza, suelos más Biosólidos, suelo en condiciones de salinidad.

2. Planteamiento del Problema

Teniendo en cuenta los cambios climáticos relacionado a las altas temperaturas, la demanda de alimentos cada vez mayor, la sobre explotación de los suelos y el excesivo uso de maquinaria pesada en la agricultura y como resultado la degradación del suelo dejando con ello la pérdida de capacidad productiva para cultivos de alimentos de gran importancia, esta situación genera que la agricultura se vea obligada a la investigación de técnicas que ayuden a la preservación y recuperación de los suelos y sus características físicas y químicas como: pH, Conductividad eléctrica, amonio y nitrato; y físicas como la humedad gravimétrica, densidad aparente y porosidad.

3. Justificación

Por la pérdida de capacidad productiva de los suelos, relacionados al cambio climático y a la sobreexplotación de estos, han incentivado a la agricultura para que desarrolle técnicas de investigación que ayuden a la preservación y restauración de los suelos y sus características físicas y químicas. El uso de enmiendas orgánicas como los Biosólidos y la cachaza son una alternativa para la recuperación de las algunas características del suelo. El análisis del efecto causado por la aplicación de enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades de un suelo salino conlleva a tomar decisiones que favorecen la recuperación

Estas dos enmiendas, de no ser tratadas y utilizadas para tal fin, representan contaminantes para el planeta y para el suelo mismo.

4. Objetivos

4.1. 4.1. Objetivo General

Evaluar parámetros químicos de lixiviados y propiedades físicas y químicas de un suelo salino bajo aplicaciones de enmiendas sólidas orgánicas en condiciones controladas.

4.2. 4.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar parámetros químicos de lixiviados (pH, Conductividad eléctrica, amonio y nitrato) de un suelo salino bajo la aplicación de enmiendas sólidas (cachaza y Biosólidos).
- Interpretar propiedades físicas de un suelo salino (humedad volumétrica, densidad aparente y porosidad total) después de la aplicación de enmiendas orgánicas (cachaza y Biosólidos)

5. Marco Teórico

5.1. suelos salinos

Cuando se habla de un suelo salino, se está hablando de unos suelos con concentraciones de sal en su perfil. Los suelos afectados por salinidad tienen una concentración de sales más solubles que carbonato de calcio y yeso, afectando el crecimiento de las plantas (FAO, 1992)

Manzano *et al* (2014) afirman que la salinidad y sodicidad son condiciones de algunos suelos que limitan la producción agrícola ya que provocan que se vuelvan infértiles e improductivos, causando un problema de amplia afectación para la agricultura mundial, principalmente en las regiones áridas y semiáridas.

La mayoría de los suelos afectados por elevadas concentraciones de sales se clasifican como Solonchakz y presentan una Conductividad Eléctrica superior a 4 Ohms/cm. (FAO, 1992).

Gómez, (2010) clasifica las sales en **sales solubles**: corresponden a cloruros de Na, Ca y Mg. Los Nitratos - NO₃ rara vez se acumulan. Se disocian 100%, son 100% solubles y provocan un incremento en la Conductividad eléctrica del suelo, no provocan cambios de pH

sales no solubles: Estas sales son las que más afectan la productividad del suelo. Sales como los sulfatos, fosfatos, carbonatos y bicarbonatos, no disocian. Por el contrario, es necesario que se produzca una reacción de hidrólisis que libere al ion metálico. Al ocurrir la hidrólisis, se liberan iones - H y -OH y provocan entonces cambios en el pH del suelo (Gómez, 2010)

Gómez (2010). Explica que los suelos sulfatados ácidos presentan ambas condiciones, valores muy bajos de pH del orden de 2 - 3 y valores muy altos de C.E. B Las plantas que crecen en suelos salinos no pueden tomar K y Ca de la solución del suelo por que dejan ingresar Na y Cl tratando

de balancear la presión osmótica. El Na entra en lugar de K y el Cl en lugar de P_2O_5 . Los microorganismos reducen su actividad, se reduce la fijación simbiótica de N y hay pérdida de NO_3 por lavado.

Lamz & González (2013) afirman que la salinidad obedece a dos grandes razones: La primera es natural: ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales también son causas primarias de salinidad que se agudizan en condiciones heterogéneas de micro topografía y las propiedades físico-químicas del perfil del suelo, como son: la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico juegan un papel importante. De ahí que en regiones áridas y semiáridas esta situación es predominante, incluso, en áreas con mejores promedios anuales de precipitación, como en los climas trópicos seco y templado seco, la presencia de períodos secos más largos puede condicionar la ocurrencia de procesos de salinización. Además de las adversas condiciones climáticas, se deben considerar otros factores, en la ocurrencia de salinidad, como son: las aguas salinas subterráneas, las tierras bajas cercanas a las costas, los pantanos y las lagunas litorales, así como en las áreas cercanas a minas y bóvedas salinas.

La segunda causa, es el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo del agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de estas a nuevos sitios. Esto es conocido como proceso de salinidad antrópica o secundaria convirtiéndose la salinización de los suelos en una consecuencia del desarrollo de la sociedad humana (Lamz & González, 2013).

5.2. suelos salinos en el Valle de Cauca.

Los suelos del Valle del Cauca, al igual que otros suelos de explotación agrícola intensiva, podrían tener efectos de degradación en su composición física y química. Estos cambios obedecen al uso de prácticas inadecuadas en la preparación de los suelos, riegos y el exceso de fertilizantes, sumado a las altas temperaturas que ha sufrido el planeta que hacen que la evo-traspiración sea mayor a la precipitación (Lamz & Cepero, 2013)

Rojas Cruz (2005). Afirma que, a nivel nacional, en las zonas más bajas y en zonas arcillosas del Valle del Río Cauca, se presentan fenómenos de suelos salinos, sódicos, salino-sódicos y salino-magnésicos. González (1981), citado por Rojas (2005) menciona que, desde punto de vista geomorfológico, estos suelos, particularmente en sus terrazas bajas (que son suelos arcillosos de baja o poca permeabilidad), tienden a la magnesificación y sodificación. Gonzáles (1979) indica que el orden de dilución de los cationes del material parental, formador de los suelos de la parte plana (diabasas y cenizas volcánicas procedentes de las cordilleras del Valle del Cauca) era $Mg^{+2} > Ca^{+2} > Na^{+} > K^{+}$; indica que las arcillas illita, montmorillonita, caolinita y vermiculita de las terrazas baja y media, tienden a acumular Mg^{+2} y Na^{+} . Estas zonas presentan suelos arcillosos, pobre drenaje, pH alcalino, procesos de acumulación de Mg^{+2} intercambiable y posiblemente, de neoformación de arcillas vermiculíticas (Rojas, 2005). Además de esto, en esta región el régimen de evaporación es más alto que la precipitación. Este factor de la evo-traspiración mayor que la precipitación es un factor que sumado al génesis del suelo ayuda a que sean suelos propensos a ser salinos. (Narváez & Bustamante, 2014).

Los suelos del valle de cauca, por ser suelos del valle de un río, son suelos con una vocación agrícola. A pesar de lo aptos para una agricultura variada, es el monocultivo de la caña el principal cultivo, extendido por casi todo el suelo valle caucano. Según Asocaña (2013) la mayor parte de

sector azucarero se ubica a lo largo del valle geográfico del río Cauca: con 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 225.560 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 25% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 75% a más de 2.750 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, Sancarlos, Tumaco, Ríopaila-Castilla, Incauca y Providencia) (Cortes, 2010)

La caña azúcar, en el departamento del valle del Cauca, por ser un monocultivo, ha sido significativo para el deterioro de los recursos naturales, especialmente con el suelo, generando un impacto socioambiental negativo.

Cortes (2010), reportó información con descripción socioambiental del suelo en el valle geográfico del río Cauca. el caso de la agroindustria azucarera, agrupan los suelos del Valle geográfico del río Cauca en ocho clases agrológicas que se caracterizan por los atributos de la tierra de acuerdo con el clima, pendiente, características fisicoquímicas, erosividad, drenaje y peligros de inundación. La distribución espacial de la zona plana según la clasificación agrológica de suelos presenta el 67,5% de las clases I, II y III que corresponden a los suelos más fértiles.

Para Cortes (2010), los suelos considerados más fértiles son los del municipio de Palmira y Candelaria, pero es solo el 11% los suelos que pueden considerarse excepcionalmente fértiles. el resto del suelo vallecaucano está propenso a una degradación temprana. Esta situación obedece a dos grandes razones: la primera es por el hecho de ser cultivada por un monocultivo (caña de azúcar) ya representa un peligro para la biodiversidad y para el suelo (Cabrera & Zuaznábar, 2010) La segunda, surge por la masificación de la producción, que hace que, para lograr una mejor producción por área, sea necesarias mayor fertilización, uso excesivo de maquinaria y mayor explotación del recurso. Cortes (2010)

5.3. Las Enmiendas Orgánicas

Para la agricultura, el suelo es el factor de más valor ya que este constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, siendo base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal (García *et al* , 2012). Una de las importantes funciones del suelo es el soporte y suministro de nutrientes para las plantas a fin de producir alimentos y biomasa en general. (Burbano, 2016). Si se quiere una agricultura eficiente, se necesitan suelos aptos para ello. Burbano (2016). Afirma que la degradación del suelo es un gran problema puesto que amenaza la producción de alimentos en el planeta.

Para la recuperación de los suelos que han perdido estas características se hace necesario aplicar tratamientos preventivos y/o correctivos tales como las enmiendas orgánicas.

En el sentido más sencillo de la palabra, las enmiendas orgánicas son residuos de origen animal o vegetal, que se agregan al suelo para mejorar las condiciones fisicoquímicas del mismo, aportando nutrientes que se hacen falta al suelo ya sea por sobre laboreo o por condiciones adversas como los cambios de clima (Pool *et al*, 2000)

la población mundial ha aumentado de una manera dramática, de acuerdo con la ONU (2017) La población mundial actual de 7.600 millones de personas alcanzarán los 8.600 millones para el año 2030. Además, llegará a 9.800 millones para 2050 y a 11.200 para 2100.

haciendo necesaria la una producción alimenticia cada vez más elevada, siendo necesarias la utilización de nutrientes sintéticos que ayuden a suplir la demanda de alimentos. Dejando impactos negativos en la calidad del suelo, etc. Se hace necesaria la creación de tecnologías que ayuden a minimizar estos impactos. Las enmiendas orgánicas son una alternativa para ello.

Las enmiendas orgánicas hacen referencia a los desechos ya sea de origen animal o vegetal, que tienen un valor agrícola-ecológicos al ser aplicados al suelo puesto que por sus características

puede ayudar a la recuperación. Según Pool-Novelo *et al*, (2000) citado por Alvarez *et al*, (2010) las enmiendas orgánicas aportan al suelo materia orgánica y nutrimentos, con lo que se favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas

5.4. Biosólidos

El tratamiento de las aguas residuales genera grandes cantidades de biosólidos como subproducto. En Colombia, se estima una producción diaria de 274 toneladas de biosólidos, las cuales provienen principalmente de las plantas de tratamiento de agua residual El Salitre (Bogotá), Cañaveralejo (Cali) y San Fernando (Itagüí) (1, 2). (Bedoya *et al*, 2013)

Los Biosólidos son producidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales, que corresponden a lodos que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos, macro y micronutrientes, metales pesados y agua. (Cuevas *et al*, 2006).

WEF, (1995) citado por Torres *et al*, (2009) explica que, para hablar de un Biosólidos como tal, los lodos orgánicos deben ser sometidos a procesos de espesamiento y deshidratación. Y para que estos Biosólidos pueden aprovecharse como enmiendas orgánicas, deben ser sometidos a procesos de estabilización como la digestión aerobia o anaerobia. Vélez (2017) sugiere que si la persistencia de algunos metales y su ulterior magnificación con riesgos para la salud humana y medioambiental, imponen una activa vigilancia de todos los procesos de utilización y disposición final. además, por otro lado, los lodos estabilizados o Biosólidos son considerados residuos asimilables a urbanos y, aunque no pueden clasificarse como tóxicos ni peligrosos, sí poseen contaminantes que obligan a su tratamiento. (Vélez, 2007).

Torres *et al*, (2009) afirma que aunque los Biosólidos contienen una importante proporción de elementos fertilizantes de gran valor agronómico; Para poder hacer un uso eficiente y seguro de ellos, entre otras medidas, se debe prevenir y controlar la descarga al sistema de alcantarillado de

sustancias químicas contaminantes como los metales pesados. Torres *et al*, (2009) también explica que concentración de microorganismos patógenos guarda relación con factores como las condiciones socioeconómicas, sanitarias y de salud de la población, la región, la presencia de animales y el tipo de tratamiento al que el lodo fue sometido

Una vez tratados estos Biosólidos, representan una alternativa para la recuperación de suelos por su potencial agrícola.

Tabla 1. Caracterización del biosólido. PTAR-Cañaveralejo, Cali.

Características	Biosólido húmedo*	Biosólido seco**	Valores de referencia
Fisicoquímicas			
pH	7,21	6,96	7,5 (1)
Humedad (%)	66,5	50,1	--
Materia orgánica (%)	29,58	25,88	--
Nitrógeno total (%)	2,42	2,25	1,6 - 3,0 (1)
Relación C/N	7,1	6,7	--
Fósforo total (mg/kg)	304,03	296,73	15000 – 40000a
Potasio (meq/100g)	0,05	0,04	0 - 3,0(1)
Sodio (meq/100g)	0,02	0,02	--
Calcio (meq/100g)	0,70	0,68	--
Magnesio (meq/100g)	0,06	0,07	--
CIC (meq/100g)	104,49	125,85	--
Hierro-Fe (mg/kg)	<1,00***	<1,00***	3,0-8,0 ^a
Cobre- Cu (mg/kg)	<0,10***	<0,10***	1500 ^b
Manganeso- Mn (mg/kg)	11,28	13,4	--
Zinc- Zn (mg/kg)	2,71	2,71	2800 ^b
Microbiológico y Parasitológico			
Coliformes fecales (UFC/g)	6,30 x10 ⁵	7,90 x 10 ⁵	Clase A: < 1X10 ³ ^b Clase B: < 2X10 ⁶ ^b
<i>Salmonella</i> sp.	Ausencia	Ausencia	< 3 NMP/4g
Huevos de Helminos (HH/g)	5	5	Clase A: < 1HH/4 g ^b

Fuente: Torres, Madera , & Silva. 2009

* Procedente de digestión anaerobia y deshidratación en filtro prensa. ** Biosólido húmedo sometido a deshidratación natural adicional, temperatura ambiente (25-31°C) por 72h. *** Límite de detección del método. a. Metcalf y Eddy (2003). b = EPA (2003).

5.5. La Cachaza

La cachaza es un residuo que se obtiene de los procesos que sufre el jugo de la caña al ser sometido a altas temperaturas, va quedando en la parte superior donde luego es extraído.

Es un material con un gran valor agronómico por la cantidad de coloides coagulados, fibras, sustancias albuminoides, fosfatos de calcio y partículas del suelo. Algunos cálculos demuestran que por cada tonelada de caña que se muele, se extrae 30 Kg de cachaza. (Filho , 1991) citado por (Cenicaña, 1995)

Zérega (1993), citado Forero *et al* (2010) afirma que en varios países cañameleros como Cuba, Puerto Rico, Colombia, Brasil, Trinidad e India; la cachaza es utilizada como fertilizante, en la mejora de algunas propiedades físicas del suelo como para elevar el pH y/o en el manejo de suelos afectados por sales. Garcia *et al*, (2011) sugieren que la cachaza es utilizada para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo

Dentro de los componentes de la cachaza sobresalen elementos químicos mayores como nitrógeno y fosforo, además de calcio y gran cantidad de M.O

Tabla 2. Aporte de nutrientes por tonelada de la cachaza fresca aplicada

Propiedad	Valor (kg·t-1)
M.O	211
C.O	122,3
N	11,5
Ca	65,2
Mg	6,6

K	7,35
Na	3,
P	0,74
Ku	0,5
Zn	0,755
Mn	0,57
Fe	0,465

Fuente: (Forero *et al* , 2010)

La cachaza puede ser una alternativa para ser utilizada en los procesos de remoción de contaminantes como los HTP¹ y HAP² de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo, con resultados semejantes a los alcanzados con el bagazo de caña de azúcar. La cachaza además de funcionar como enmienda presenta la ventaja de aportar microorganismos al suelo con la capacidad de biotransformar los tóxicos, y de nutrimentos en mayor concentración que los encontrados en bagazo de caña de azúcar, en especial del fósforo. Serraría *et al*, (1990) citado por Garcia *et al*. (2011)

¹ Hidrocarburos totales de petróleo

² Hidrocarburo aromático policíclico

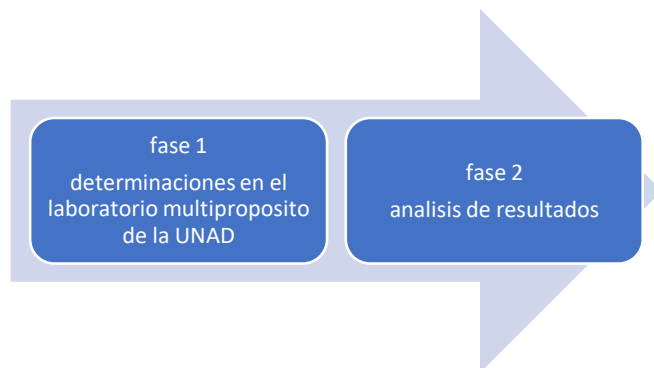
6. Materiales Y Métodos

La evaluación se desarrolló en dos fases: la primera fase del experimento se desarrolló en las instalaciones del laboratorio multipropósito de la universidad abierta y a distancia UNAD sede Palmira, además se contó con el apoyo de la universidad nacional de Colombia UNAL sede Palmira. El trabajo se desarrolló en condiciones controladas, para determinar variables químicas y en condiciones de campo se tomaron las muestras para las determinaciones físicas. A partir de los materiales orgánicos como Biosólidos y cachaza se establecieron tratamientos de aplicación al suelo y del agua de percolación (lixiviado) con el fin de evaluar las variables del suelo seleccionada.

se le hicieron determinaciones químicas al percolado (lixiviado) del suelo con la aplicación de los productos (cachaza y biosólido) y al percolado de cada uno de los productos.

La segunda fase correspondía al análisis de los resultaos.

6.1. Diagrama resumen de las fases



6.2. Localización de la muestra de suelo.

Para el experimento se tomó como referencia el suelo de la zona agrícola cerca al aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, con características de salinidad localizado en el corregimiento de Palmaseca del municipio de Palmira, Valle del Cauca. Con coordenadas 3°32'35"N 76°22'53"O. Temperatura promedio: 24 °C, Elevación: 965 msnm, Precipitación anual: aprox. 1154 mm/año (CVC, 2007), con régimen de lluvias bimodal. Las épocas de mayor precipitación de marzo a junio y de septiembre a diciembre. El uso del suelo bajo sistema de cultivo de caña de azúcar.

Por las condiciones topográficas y de uso de suelo, este es un suelo con un pH entre 7 y 8.5, formados por sedimentos compuestos por arcillas expandibles correspondiendo a un suelo vertisol. Según Adames & Levy, (1960) el Genesis de suelos es de origen Volcánico, proveniente del proceso de erosión de la cordillera central y occidental. debido a su origen aluvial y coluvio-uluvial no presentan horizontes estructurales diferenciados, como tampoco un desarrollo estructural determinante a lo largo de su perfil. Por esta razón se consideró suficiente tomar muestras a profundidad de 60 cm. discriminando el perfil en dos capas: capa A de 0 a 30 cms. y capa B de 30 a 60 cms

6.3. Recolección de muestras

Las muestras de suelo fueron colocadas en recipientes cilíndricos de 250 cm³ para ser trasladadas al laboratorio multipropósitos de la universidad abierta y a distancia UNAD.

Características del muestreo: el suelo seleccionado es un suelo con tendencia a salinidad.

Cantidad de suelo: para las determinaciones químicas se tomaron 5000 gramos de suelo.

6.4. Determinación en laboratorio:

Diseño del experimento: Se utilizó un diseño completamente al azar con los 3 tratamientos y tres repeticiones por cada uno

6.5. Tratamientos:

Tabla 3. diseño del experimento

Tratamientos	Descripción
T1	Suelo salino + manejo de fertilización convencional “suelo + fert”.
T2	Suelo salino + aplicación de Biosólidos al suelo “suelo + bio”.
T3	Suelo salino + aplicación de cachaza al suelo. “suelo + cach”

Se realizó una aplicación de productos orgánicos suelo + bio y suelo + cach en bolsas con 5 kg de suelo cuyas cantidades equivalentes en condiciones normales fueron de 11.600 kg/h (según formulaciones de Peñarete *et all*, 2013); posteriormente se determinaron las propiedades químicas del agua de percolación (lixiviado) obtenido después de aplicación de los productos orgánicos.

Se procedió a las determinaciones químicas del agua percolada (lixiviado).

Tabla 4. Metodología determinaciones químicas del percolado (lixiviado)

Parámetro	Metodología
pH	Potenciómetro
C:E	Conductímetro
Amonio	Equipo Viso color ECO Amonio 3 Rango 0.2 - 3 mg/L NH4+. Valoración fotométrica

Nitrito/Nitrato	Equipo Quantofix Nitrito/Nitrato Rango evaluación visual 10-500 mg/L NO ₃ - 1-80 mg/L NO ₂ - Rango evaluación reflectométrica 10-500mg/L NO ₃ - 0.5-80 mg/L NO ₂ -
-----------------	---

Posteriormente las metodologías para determinaciones físicas del suelo fueron:

Tabla 5 Metodología determinaciones físicas del suelo.

Parámetro	Metodología
Humedad volumétrica	Relación entre el volumen de agua y el volumen total del suelo (Malagón y Montenegro, 1990). $\theta v(\%) = \left\{ \left[\frac{\theta w(\%) * \delta a (g/m^3)}{\delta w (g/m^3)} \right] * 100 \right\}$ $\theta v = \text{Humedad volumétrica}$ $\theta w = \text{Humedad gravimétrica}$ $\delta a = \text{densidad aparente}$ $\delta w = \text{densidad del agua}$
Densidad aparente	Cálculo matemático Forsyth, (1980). $\delta a = \frac{Pss(g)}{Vc (cm^3)}$ $\delta a = \text{densidad aparente}$ $Pss = \text{Peso seco del suelo a } 15^{\circ}C$
Porosidad total	Cálculo matemático: $Pt = 100 (1 - da/dr) \%$

Los tiempos de monitoreo para las propiedades físicas del suelo se realizaron durante 5 meses.

Finalmente, las metodologías para determinaciones químicas del suelo fueron:

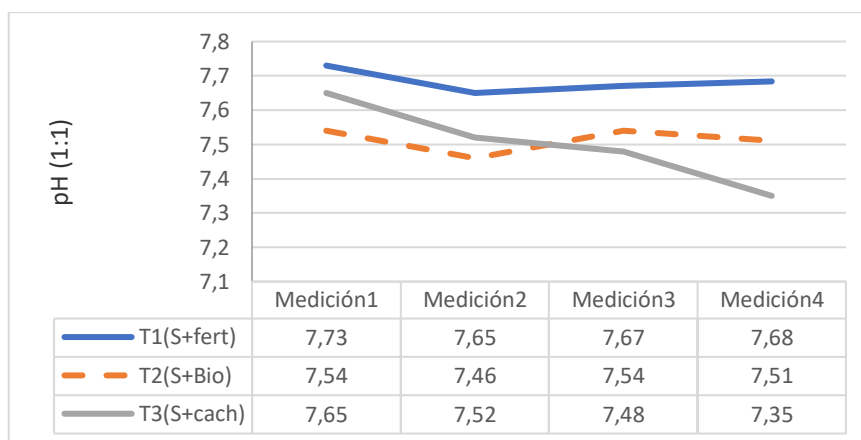
Los tiempos de monitoreo para las propiedades química del suelo se realizaron durante 4 meses

7. RESULTADOS

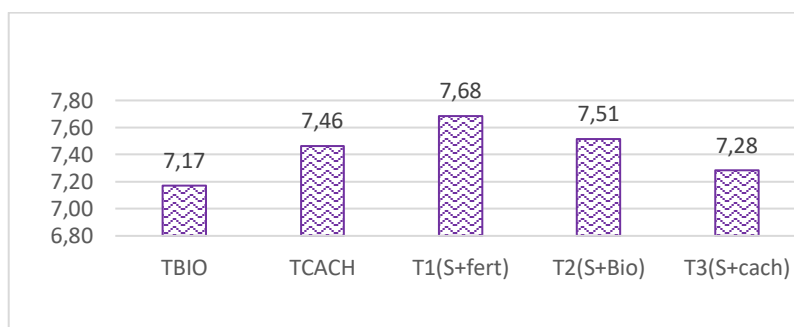
Los resultados obtenidos luego de la aplicación del percolado o lixiviado, se muestran los siguientes resultados:

7.1. Determinación del pH

Gráfica 1. Disminución del pH del suelo con aplicaciones



Gráfica 2. Promedio del pH (1:1)



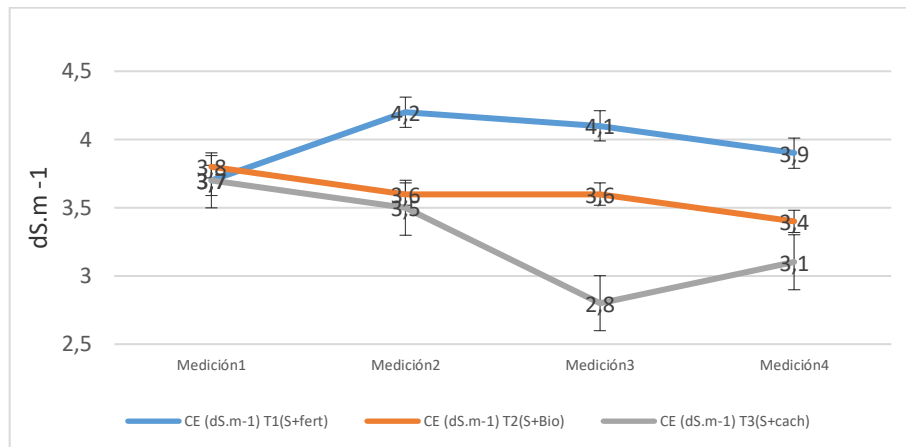
7.2. Comportamiento del pH con aplicaciones de biosólido y cachaza

De acuerdo con las gráficas 1 y 2 se observa que los valores del pH disminuyeron en cada una de las aplicaciones de cachaza y biosólido, con respecto a los valores obtenidos en el tratamiento testigo. En las gráficas se puede evidenciar que la aplicación que contenía la cachaza, a pesar de que tiene un pH inicial más alto, va disminuyendo hasta llegar a 7,35. El pH con aplicación de Biosólidos tiende a mantenerse estable, pasado de 7,54 a 7,51 en la primera y en la última aplicación. En el T1 “suelo + fert”, se observa la menor disminución del pH. Con estas enmiendas se puede lograr que, al bajar el pH a niveles neutros (menor de 7,5) ocasionando una disolución de las diferentes formas de carbonatos fosfatos de calcio entre otros compuestos que impiden que la planta tome los nutrientes. En otros ensayos, con cachaza como corrector de pH, Garcia Torres *et al*, (2011) habían obtenido resultados importantes en la corrección de un pH ácido hasta lograr uno alcalino. Otros autores como Arrieche (2008) también obtuvieron resultados favorables para regular el pH hasta lograr un pH óptimo de 7. Autores como Hernández & Salgado, (2008) en su investigación, no tuvieron alteraciones en pH con la aplicación de cachaza compostada.

7.3. Determinación de la conductividad eléctrica.

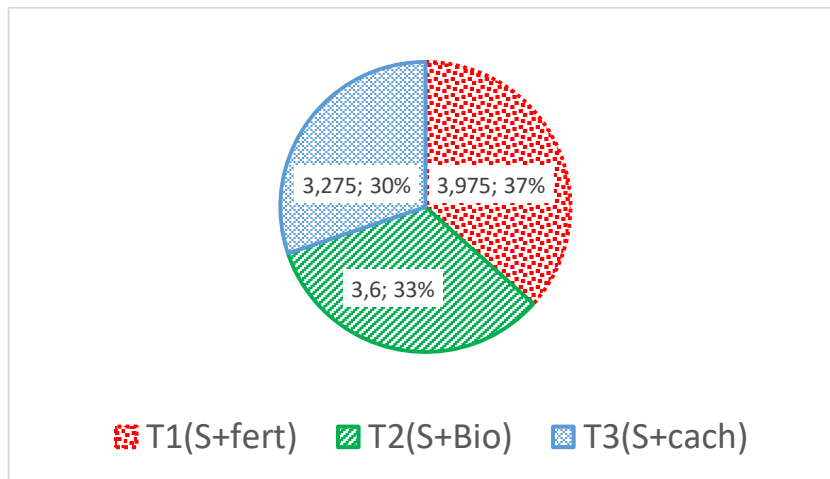
Los resultados de la figura 4 muestran una conductividad eléctrica con una reducción leve especialmente en el tratamiento de Biosólidos que.

Gráfica 3. Conductividad eléctrica del suelo



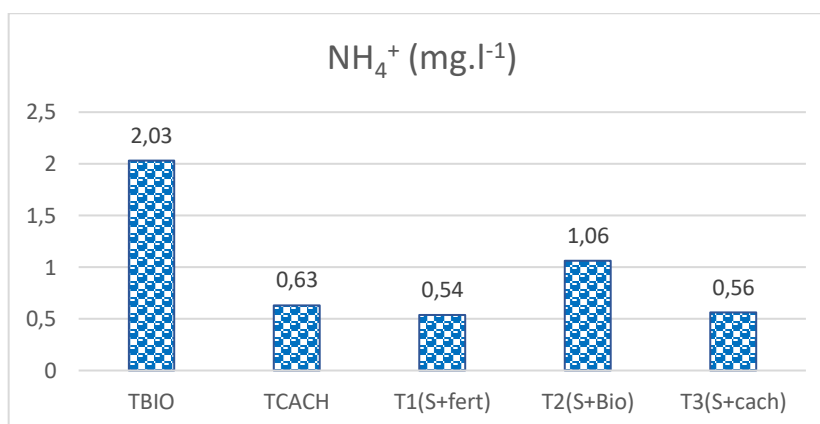
Al analizar la grafica 3, se observa que en la mediciones en cada una de las diferentes tiempos, la aplicación de las emniendas comienza a mostrar valores menores en fución del tiempo; en el tratamiento testigo muestra valores elevados superiores a 3,7 dS.m⁻¹; El tratamiento T3 “suelo + cach” es el que más ayuda a bajar los valores hasta 3.1 dS.m⁻¹. Ararat (2013) reporta efectos en la disminución de la conductividad eléctrica del sustrato por la aplicación de cachaza. Martínez (2005) afirma que los valores de CE superiores al rango de 1,8-2,25 (dS.m⁻¹) reducirían el crecimiento en frutales, causarían problemas de marchites y quemadura apical de las hojas. Valores superiores a 3,4 dS/m⁻¹ causarían lesiones severas y pérdidas irreversibles de los cultivos. Hernández & Salgado, (2008) reporta que no tubo alteraciones en conductivdad electrica al alplicar cachaza compostada.

Gráfica 4. Relación de C.E en diferentes tratamientos



7.4. Determinación de Amonio NH_4

Gráfica 5. Estimado de amonio del lixiviado

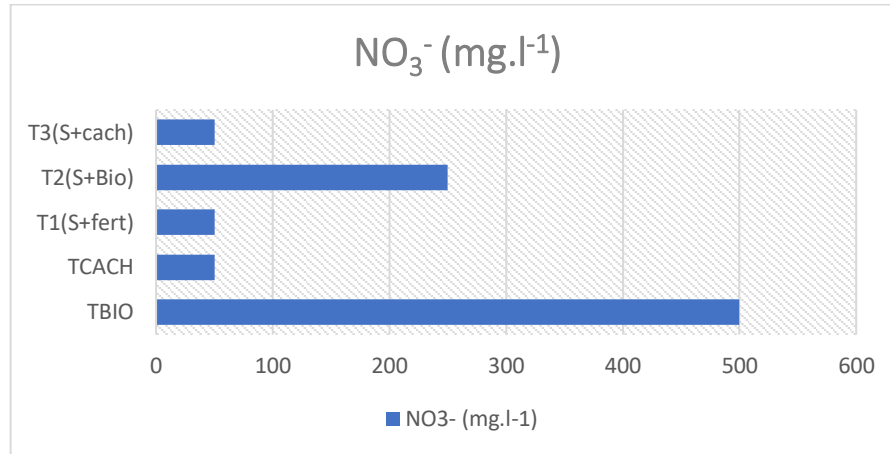


La mineralización de nitrógeno es el proceso biológico mediante el cual el nitrógeno orgánico es transformado a formas inorgánicas o mineralizadas como amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-), las cuales forman el nitrógeno disponible para las plantas y los microorganismos del suelo (Silva & Mosquera, 2013). analizando la gráfica 5 se observa que la aplicación de

Biosólidos y cachaza aumentan la cantidad de Nitrógeno mineralizado. El Biosólidos resulta ser la enmienda que más aporta NH_4 .

7.5. Determinación de Nitrato NO_3

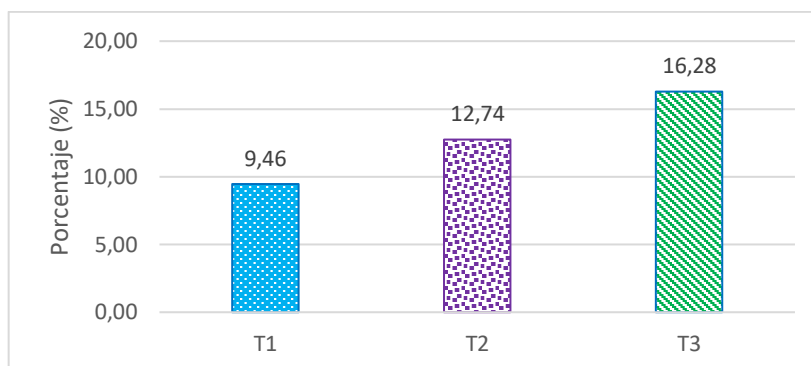
Gráfica 6. Determinación de Nitratos



Al igual que el análisis de amonio NH_4^+ , en la gráfica 6 se observan que el biosólido presenta mayor cantidad de NO_3 , con este resultado se confirma el valor que tiene los Biosólidos de las plantas de aguas residuales son una alternativa para la recuperación de suelos. Autores como Potisek *et al*, (2010) demostraron que los biosólidos incrementaron la concentración de nitratos. Silva & Mosquera (2013) caracterizaron los bioslidos por su pariculades químicas: nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, fósforo.

7.6. Determinación de humedad volumétrica

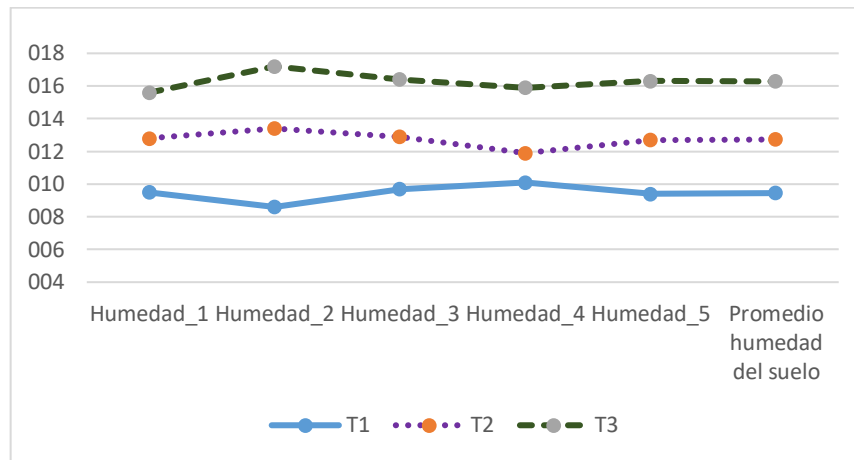
Gráfica 7. Promedio humedad volumétrica del suelo



Porcentaje humedad volumétrica:

Se entiende como humedad volumétrica a la relación entre el volumen de la fracción líquida (V_a) y el volumen total de la muestra de suelo. En este sentido, la gráfica 7 muestra que el porcentaje de humedad volumétrica más alto lo muestra el tratamiento T3 “suelo + cach”: el incremento en el contenido de humedad volumétrica fue de 16,28%, que sigue siendo un porcentaje bajo, pero que contiene un aporte para mejorar la humedad del suelo.

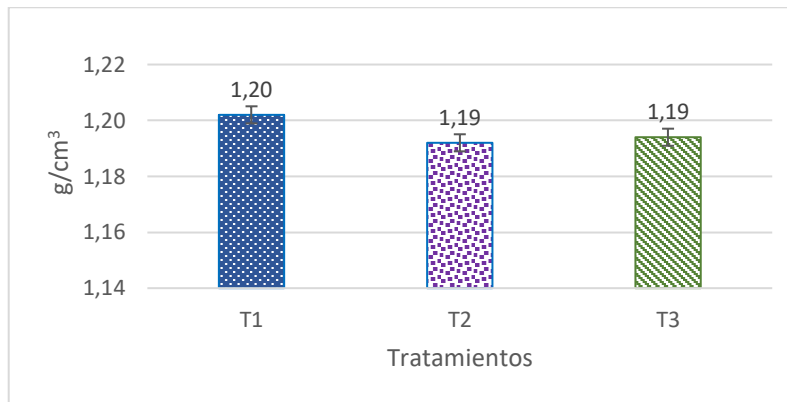
Gráfica 8. Tendencia en tiempo de la humedad volumétrica



La gráfica 8 muestra la tendencia en el tiempo de la humedad, en el T3 . “suelo + cach” se observa los valores más altos de humedad volumétrico. Este resultado concuerda con el resultado obtenido por Garcia *et al* , (2011), en la cual se le atribuye propiedades para conservar la humedad edáfica. De acuerdo con un ensayo con cachaza realizado por Lopez Lozano (2001), el efecto causado en el suelo con respecto a la humedad fue favorable. Peñarete *et al*. (2013) al igual que Quinchia & Carmona , (2004) reportaron que los bisolidos ayudaron a la retencion de humedad

7.7. Determiacion de la densidad aparente:

Gráfica 9. Promedio Densidad aparente del suelo



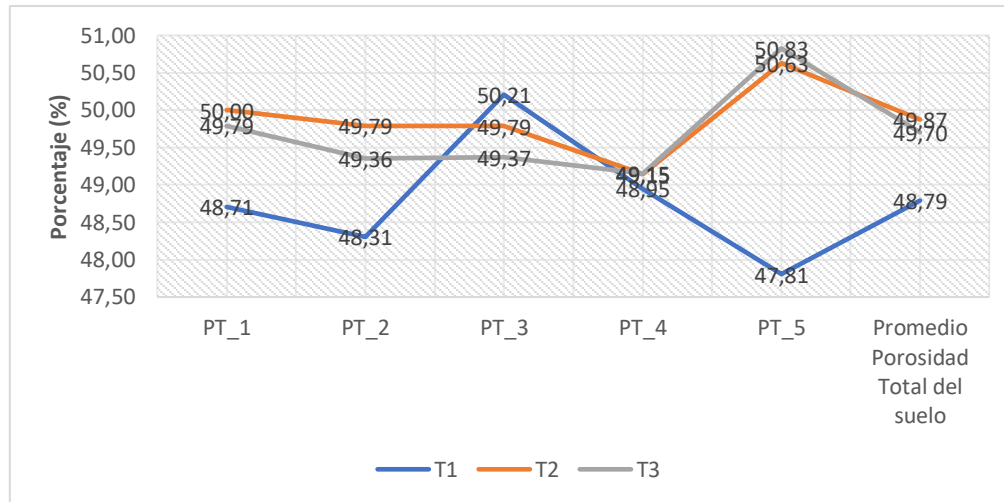
la gráfica 9 muestra que los valores en cuanto a la densidad aparente no variaron significativamente, aunque la aplicación de T2 “suelo + bio” y T3 “suelo + cach” corresponde al menor valor. Autores como Macedo *et al.* (2006) en sus análisis no encontraron valores significativos en aumento o disminución de la densidad aparente.

Los rangos que se obtuvieron en la densidad aparente son menores que los reportados por Peñarete *et al.* (2013) teniendo en cuenta que una densidad aparente por encima de 1,3 se consideran altas para los suelos de texturas finas Peñarete *et al.* (2013).

Según Estupiñán *et al.* (2013) Con la adición de cachaza al suelo es posible mejorar la densidad aparente por su alta cantidad de materia orgánica.

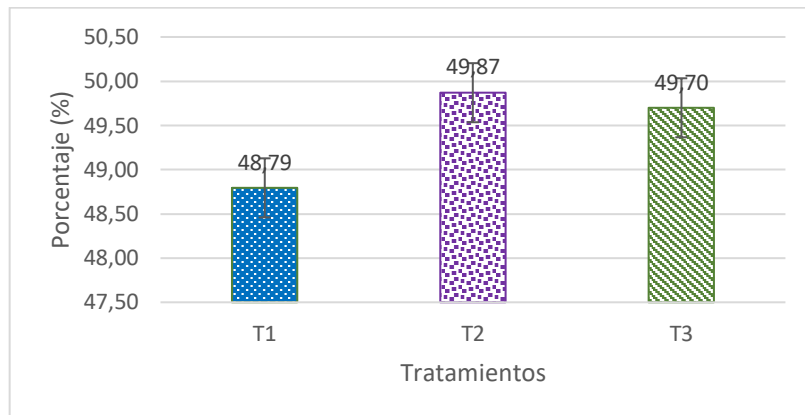
7.8. Determinación Porosidad total

Gráfica 10. Porosidad del suelo en diferentes épocas de muestreo



Durante las diferentes épocas del muestreo se observa una variación en el porcentaje de la porosidad en el T1 “suelo+ fer”, por el contrario con las aplicaciones de los otros dos tratamientos (T2 “suelo + bio” y T3 “suelo + cah”), se mantiene estables con valores entre 49% y 50% durante las 4 primeras aplicaciones pero en la quinta tiene un incremento considerable pasando de 49% a 51%

Gráfica 11. Promedio Porosidad Total del suelo



En la gráfica 11 se observa con claridad el porcentaje de cada uno de los tratamientos y se evidencia que el T2 “suelo + bio” es el tratamiento que más afecta la porosidad total del suelo, por tanto, se puede relacionar con lo citado por Forero *et al* (2008) quienes demostraron que la cachaza ayuda a mejorar las porosidades del suelo, aumentando la porosidad de forma lineal a medida que fue mayor el suministro de cachaza fresca. Otros autores como Civeira & Lavado , (2006) han demostrado un efecto positivo en el mejoramiento de suelo a través de la adición de biosólidos urbanos. Peñarete, (2013) afirma que a mayor contenido de materia orgánica en el suelo, los valores de densidad aparente disminuyen generando mayor porosidad y creando mejores condiciones para el desarrollo de las raíces de las plantas.

Sepúlveda *et al*, (2009) en su trabajo “efecto de la aplicación de biosólidos sobre la calidad del suelo” Observaron un aumento significativa en la macroporosidad.

8. Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar parámetros químicos de lixiviados de un suelo salino y las propiedades físicas y químicas bajo aplicaciones de enmiendas sólidas orgánicas en condiciones controladas con la finalidad de aportar al desarrollo de tecnología que ayuden a mitigar los efectos causados al suelo por la sobreexplotación y los cambios climáticos en un suelo salino.

Por lo tanto, se concluye que la aplicación de enmiendas orgánicas (cachaza y biosólido) al suelo puede ayudar a mejorar las características físicas y químicas del suelo:

- El pH del tratamiento testigo tuvo un valor de 7.68, el T2 se tuvo una disminución con valor 7.35, este es un resultado que podría ser favorable para un cultivo de la zona de estudio.
- En el análisis de la conductividad eléctrica, el T3 mostró una disminución comparado con T1 (testigo), es decir paso de 3,7 dS.m⁻¹ a 3,1 dS.m⁻¹, por lo tanto, este resultado es un referente para el manejo de la salinidad de suelo.
- Los resultados obtenidos con el amonio (NH₄) y el Nitrato (NO₃) evidencian que estas enmiendas aumentan la cantidad de Nitrógeno en esta forma y en consecuencia podrá ser aprovechado por la planta.
- Los valores obtenidos en humedad volumétrica, con relación al T1, evidencian un incremento con la aplicación de biosólidos (T2: 12.74%) y cachaza (T3: 16.28%) mejorando las condiciones de disponibilidad del agua para la planta.
- Con respecto a la densidad aparente se muestran valores homogéneos en los tres tratamientos, siendo los menores T2 y T3.

- El porcentaje de porosidad total del suelo aumento con la aplicación de los productos, es decir, que paso de 48.79 % en a 50,83%, con la aplicación biosólidos T2.

9. Recomendaciones

- Se recomienda nuevas investigaciones.
- Se deben seguir haciendo análisis del comportamiento de suelos con tendencia a la salinidad, aplicando ese tipo de enmiendas a largo plazo y a mayor escala.
- Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza y biosólido en otro tipo de suelo.
- Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza y biosólido analizando respuestas fisiológicas de plantas.

10. Bibliografía

- Adames Bohórquez, J. E., & Levy Hofmann, L. (1960). Propiedades Físicas de Algunos Suelos Del Valle del Cauca . *Acta Agronomica* , 213-251.
- Alvarez Perez, D. J., Díaz Pérez, E., León Martinez, N. S., & Guillen Velásquez, J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latina*, 239-245.
- Ararat Orozco , M. C. (2013). Influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica en la disminución del daño ocasionado por *Phytophthora cinnamomi* Rands en plántulas de Aguacate (*Persea americana* Mill). (*tesis Doctoral*) *Universidad nacional de Colombia*.
- Arrieché Luna , I. E. (2008). Efecto de la Aplicación Orgánica y Química en Suelos Degradados Cultivados con Maíz (*Zea mays* L.). (*tesis doctoral*) *Universidad de Valladolid. Estado Yaracuy, Venezuela*, 1316-1361.
- Asocaña. (2013). *El Sector Azucarero Colombiano En La Actualidad*. Obtenido de Sector Agroindustrial de la caña: <http://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., Del Castillo , R., & Gutiérrez, c. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *ecosistemas*, 90-97.
- Bedoya Urrego, K., Peláez Jaramillo, C., Acevedo Ruíz, J. M., & Agudelo López, S. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia). *salud pública*, 778-790.
- Cabrera, J. A., & Zuaznábar , R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. *Cultivos Tropicales*, 5-13.

- Civeira , G., & Lavado , R. (2006). Efecto del aporte de enmiendas orgánicas sobre propiedades físicas e hidrológicas de un suelo urbano degradado. *CI. Suelo*, 123-130.
- Cuevas B., J., Seguel S., O., Ellies Sch., A., & Dörner F, J. (2006). Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencia a lodos urbanos . *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 1-12.
- Cortes Ortiz, B. (2010). Descripción socioambiental del suelo en el valle geográfico. *Luna Azul*, 199-208.
- CVC. (2007). *Avance De Los Temas De Investigación Clima, Biodiversidad Y Calidad Del Hábitat*. Palmira, Valle del Cauca.
- Estupiñán Fernández, C. E., Garzón Amaya, G. M., & Forero Ulloa, F. (2013). Efecto de la aplicación de tres dosis de cachaza al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Tunja, Boyacá. *Ciencia y Agricultura Vol. 10*, 67-79.
- FAO. (1992). *Portal de Suelos Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* (. Obtenido de El Manejo de Suelos Afectados por Salinidad:
<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/>
- Fogado Ferioli, K. E. (abril de 2013). <http://www.conacyt.gov.py>. Obtenido de <http://www.conacyt.gov.py>
- Forero , F. E., Fernández , J. P., & Álvares Herrera , J. G. (2010). Efecto De Diferentes Dosis De Cachaza En El Cultivo De Maíz (*Zea mays*). *U.D. C. A Actualidad y Divulgacion Científica* , 77-86.
- Forero U, F. E., Torres B, J., & Balaguera López, H. E. (2008). Efecto de la aplicación de cachaza fresca y de dos sistemas de producción maíz y frijol sobre las propiedades

- físicas de un inceptisol. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas - Vol. 2 - No.2*, pp. 205-216.
- Forsythe, W. (1990). *Física de suelos, manual de laboratorio*. San Jose, Costa Rica : Instituto interamericano de ciencias agrícolas.
- García Andreu, C., Savál Pérez, J. M., Baeza Brotns, F., & Tenza Abril , A. J. (2008). *Propiedades generales de la densidad real* . Alicante España .
- García Salamone, I. E. (2011). Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología*, 43: 1-3.
- García Torres, R., Ríos Leal, E., Martínez Toledo, A., & Ramos Moraales, F. R. (2011). Uso de cachaza y bagazo de caña de azúcar en la remoción de hidrocarburos en suelo contaminado. *Revista internacional de contaminación* , 31-39.
- Gómez Posada, S. (2010). *Manejo y Conservación de Suelos* . Pereira.
- Hernández Melchor, G. I., & Salgado García, S. (2008). Vllinaza y Cosposta de Cachaza como fuente de Nutrientes en Caña de Azúcar en el Gleysol Moíno de Hiapas Mexico. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 860-855.
- Julca Otiniano , A., Florián Meneses , L., Blas Sevillano , R., & Bello Amez, S. (2006). Materia Organica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura . *Idesia* , 49-61.
- Lanz Piedra, A., & González Cepero, M. C. (octubre de 2013). *La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata*. Obtenido de Cultivos Tropicales: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005
- Lopez Lozano , F. (2001). Efectos de la aplicación de cachaza y perdida de nitrogeno por quema de la caña de azucar en el ingenio San José de Abajo, S.A. de C.V. (*tesis de maestria*). *Universidad Veracruzana, Veracruz Mexico* .

- Macedo , J. R., Souza, M. D., Reichardt, K., & Santos Bacchi, O. O. (31 de 08 de 2006).
Atributos Físicos e Hídricos em Solo. Obtenido de alice repositorio:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/14968>
- Malagón, D., & Montenegro , H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geografico
Agustin Codazzi. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)*, 632.
- Manzano Banda, J. I., Briones Encinia , F., Zamora Tovar, c., & Rivera Ortiz, P. (sep de 2014).
Rehabilitación de suelos salino-sódicos. Obtenido de Rehabilitación de suelos salino-
sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n3/2395-8030-tl-32-03-00211.pdf>
- Narváez , H., Combatt, E., & Bustamante Barrera, I. (2014). Distribución Espacial de la
Salinidad en Suelos de área de Influencia de la Desembocadura del Río Sinú (Córdoba
Colombia). 33-443.
- Peñarete, W., Silva Leal, J., Urrutia, N., & Daza, M. (julio-septiembre de 2013.). Efecto de
aplicación de biosólidos sobre las propiedades. *acta agronómica*, 251-260.
- Pool Novelo, L., Trinidad Santos, A., Etchevers-Barra, J. J., Pérez Moreno, J., & Martínez Garza,
A. (2000). Mejoradores de la Fertilidad del suelo en la Agricultura de Ladera de los Altos
de Chiapas, México . *redalyc*, 251-259.
- Potisek Talavera, M., Figueroa Viramontes, U., González Cervantes, G., Jasso Ibarra , R., &
Orona Castillo , I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido
de materia orgánica y nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, vol. 28, núm. 4, 327-333.
- Quinchia, A. M., & Carmona , D. M. (2004). Factibilidad de Disposición de los Biosólidos
Generados en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Combinada . *EIA*, 89-108.

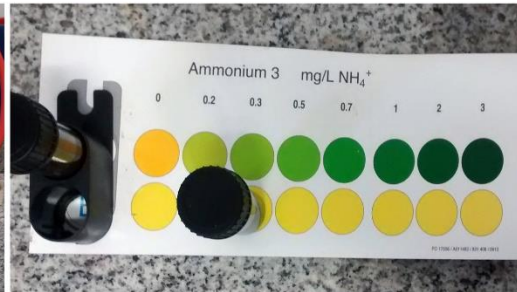
- Ramírez Gill, J. G., Castañeda Sánchez, D. A., & Morales Osorio, J. G. (2013). Dinámica microbiana del suelo asociada a diferentes estrategias de manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate. *Ceres*, 811-819.
- Rojas Cruz, C. A. (2005). *Recuperación de suelos afectados por sales en el departamento Valle del Cauca mediante el uso de vinaza concentrada*. Obtenido de *Acta Agronomica* : https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/49076
- Ruiz S, C. (2015). Relevancia de la materia orgánica del suelo. En C. Ruiz s, *Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Biobío* (págs. 196 (30-47)). Chillán, Chile: Boletín INIA N° 308.
- Sepúlveda V, A., Inestroza H, C., & Encina M, F. (2009). Efecto de la aplicación de biosólidos sobre la calidad del suelo. 22-30.
- Silva A, J., Torres L, P., & Mosquera R, J. (2013). Evaluación de la mineralización de biosólidos de plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 434-442.
- Silva Leal, J. A., Bedoya, D. F., & Torres Lozada, P. (2013). Evaluación del potencial de aplicación de biosólidos higienizados en el cultivo de rábano. *Acta Agronómica*, 62, 155 - 164.
- Torres, P., Madera, C., & Silva, J. (Julio 2009). Mejoramiento De La Calidad Microbiológica De Biosólidos Generados En Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas. *EIA*, 21-37.
- Zerega, M. L. (1993). Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de azúcar*, 71-92.

11. Anexo:

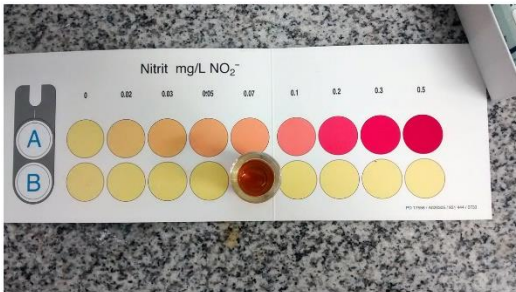
Anexo 1. Determinaciones en el laboratorio multipropósito de la Universidad Abierta y a Distancia UNAD



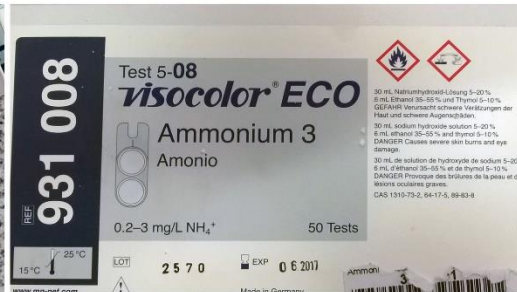
IMG_20161126_091505934.jpg



IMG_20161126_100433365.jpg



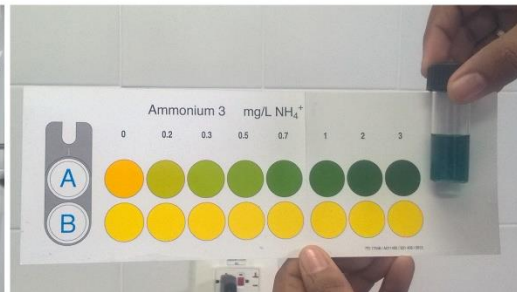
IMG_20161126_101515231.jpg



WP_20160820_10_08_35_Pro.jpg



WP_20160827_11_25_29_Pro.jpg



WP_20160827_12_19_47_Pro.jpg

Anexo 2. Determinaciones colorimétricas

visocolor® ECO es

Nitrato

Juego para la determinación colorimétrica de los iones nitrato en aguas superficiales y residuales

Método:

Los iones nitratos se reducen a iones nitritos en medios ácidos. Estos forman con una amina aromática adecuada un colorante azoico amarillo anaranjado.

Rango:

1–120 mg/L NO_3^-

Contenido del juego (*recambio):

suficiente para 110 valoraciones

- 30 mL $\text{NO}_3^-1^*$
- 5 g $\text{NO}_3^-2^*$
- 1 cuchara medidora 70 mm*
- 2 tubos de medida con tapón a rosca
- 1 comparador deslizante
- 1 tarjeta de comparación de colores
- 1 jeringa de plástico de 5 mL
- 1 instrucciones de uso*

Consejos de seguridad:

Este test no contiene ninguna sustancia peligrosa de obligada señalización.

Instrucciones de uso:

Vea también el pictograma en el dorso de la tarjeta de colores.

- Llenar ambos tubos de medida con **5 mL de la muestra**. Utilizar la jeringa de plástico. Colocar un tubo de medida en la Pos. A del comparador.

Adición de reactivos solamente en el tubo B

- Añadir **5 gotas de NO_3^-1** , cerrar el tubo, mezclar.
- Añadir **1 cuchara medidora rasa de NO_3^-2** , cerrar el tubo, **agitar inmediatamente y fuerte durante 1 min.**
- Después de **5 min**, abrir el tubo y colocarlo en la Pos. B del comparador.
- Desplazar el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente. Hacer la lectura del valor de medida en la muesca de la lengüeta del comparador. Los valores intermedios pueden interpolarse.
- Después del uso de ambos tubos de medida limpiar a fondo y cerrar.

Los reactivos son adecuados para la **valoración fotométrica** utilizando el fotómetro PF-12.

El método puede aplicarse también al análisis de agua de mar (vea „Tabla de conversión“).

Eliminación:

Los juegos de análisis usados pueden desecharse con agua de grifo a la canalización de la instalación de tratamiento de aguas residuales locales.

Interferencias:

Las sustancias oxidantes pueden reducir los resultados, o inhibir la reacción dependiendo de su concentración. El cloro ≤ 10 mg/L no perturba.

Interfiere el nitrito (la misma reacción), aunque puede eliminarse añadiendo ácido amidosulfúrico (REF 918 973).

La temperatura de la prueba deberá quedar dentro del margen de 18 a 30 °C. Sobre todo con temperaturas bajas se efectúa la reacción considerablemente más lenta y conduce a resultados deficientes (subvalorados).

Tabla de conversión:

mg/L NO_3^-	mg/L NO_3^- -N (Nitrato-Nitrógeno)	mmol/m ³	mg/L NO_3^- en aguas marinas
1	0,2	16	1
3	0,7	48	3
5	1,1	81	5
10	2,3	160	12
20	4,5	320	25
30	6,8	480	40
50	11	810	65
70	16	1130	95
90	20	1450	120
120	27	1940	160

Almacenamiento:

Conservar el juego en lugar fresco (< 25 °C) y seco.

Anexo 3. Análisis químico de un suelo en PALMA SECA. Palmira, Valle

Parámetro de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
pH	7,65	7,67	7,68
C.E. dS m ⁻¹	3,8	3,6	3,7
M.O. %	1,21	2,81	1,58
P ppm	10,7	15,04	16,04
S ppm	425,4	378,7	428,6
Ca ppm	7,41	12,1	10,13
Mg ppm	1,11	1,03	,96
K ppm	0,08	0,11	0,19
Solubles Na Intercambiables CIC	12,3	14,93	11,33
Cmol kg ⁻¹	31,41	44,09	37,06