UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

EFECTO DEL BIOCARBÓN DE PIGÜE -*Piptocoma discolor* (kunt) Pruski- COMO ACONDICIONADOR DE SUSTRATOS FORESTALES EN EL VIVERO MUNICIPAL DEL GAD PASTAZA.

AUTORES:

- MARÍA BELÉN JARAMILLO SANTAMARÍA
- EDISON ANDRÉS LIZANO BARRENO

TUTOR:

MSC. PEDRO RÍOS GUAYASAMÍN

PUYO-ECUADOR

2017 – 2018

Resumen

Con la finalidad de mejorar el sustrato del vivero del GAD municipal, se realizó la implementación de biocarbón, derivado de los restos de de pigüe *Piptocoma discolor* (kunt) Pruski, se realizó análisis de parámetros físico-quimicos, para poder comparar a nivel experimental si existe o no una mejora en los sustratos de vivero, además de analizar los componentes de este sustrato, con adición de biocarbón en dos cantidades, 5 Tn. h y 10 Tn. h. En todos los sustratos utilizados se presentó una mejora de pH y variaciones en cuanto a los análisis de conductividad eléctrica y densidad aparente, para ambas relaciones de adición de biocarbón a los sustratos, existió incremento de pH. La adición de biocarbón en el caso del sustrato tierra, que sin adición de biocarbón presenta un pH ácido, mejoro las características aumentando su nivel a un pH neutro, por lo que es ideal el uso de biocarbón en este tipo de sustrato para mejorar este parámetro.

Palabras clave: Biocarbón, sustratos, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica.

Summary

In order to improve the substrate of the municipal GAD nursery, the implementation of biochar was carried out, derived from the remains of pigment Piptocoma discolor (kunt) Pruski, analysis of physical-chemical parameters was performed, to be able to compare experimentally if there is an improvement in nursery substrates or not, in addition to analyzing the components of this substrate, with the addition of biochar in two quantities, 5 Tn. h and 10 Tn. h. In all substrates used there was an improvement in pH and variations in the analysis of electrical conductivity and bulk density, for both rates of addition of biochar to the substrates, there was an increase in pH. The addition of biocarbon in the case of soil substrate, which without acid addition presents an acidic pH, improved the characteristics by increasing its level to a neutral pH, so it is ideal to use biochar in this type of substrate to improve this parameter.

Keywords: Biocarbon, substrates, bulk density, pH, electrical conductivity.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. 1
1.1. PROBLEMA. 1
1.2. HIPÓTESIS. 2
1.3. OBJETIVOS. 2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL. 2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 2
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN. 2
2.1. VIVERO. 2
2.2. BIOCARBÓN (BIOCHAR). 3
2.3. MEJORAMIENTO DE SUSTRATOS. 4
2.3.1. FERTILIZANTES. 4
2.3.2. ABONO. 4
2.3.3. BIOCARBÓN. 5
3. MATERIALES Y MÉTODOS. 5
3.1. LOCALIZACIÓN. 5
3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN: 6
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: 6
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS. 6
3.4.1. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL BIOCHAR. 6
3.4.2. MATERIALES DE CAMPO. 6
3.4.3. EQUIPO DE LABORATORIO 6
3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 6
3.5.1. ELABORACIÓN DE BIOCARBÓN (BIOCHAR) PARCIAL 6

3.5.2. CALCULO PARA LA ADICIÓN DE BIOCARBÓN EN LOS DIFERENTES SUSTRATOS: 8
3.5.3. COLECCIÓN, PREPARACIÓN Y ENFUNDADO. 10
3.5.3.1. SUSTRATO GAD. 10
3.5.3.2. SUSTRATO ARENA. 11
3.5.3.3. SUSTRATO TIERRA. 12
3.5.3.4. SUSTRATO ABONO 13
3.5.3.5. ROTULADO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 14
3.5.4. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO (VIVERO). 14
3.5.5. MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE LABORATORIO 14
3.5.5.1. DENSIDAD APARENTE (DA). 14
3.5.5.2. POTENCIAL HIDROGENO (pH): 15
3.5.5.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE): 15
3.5.6. ANÁLISIS DE LABORATORIO DE BIOCARBÓN. 16
3.5.6.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 16
4.1. ELABORACIÓN DEL BIOCARBÓN. 16
4.1.1. TEMPERATURA. 16
4.1.2. pH DEL BIOCARBÓN. 17
4.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DEL BIOCARBÓN. 18
4.2. VARIABLES DEPENDIENTES EN CADA TIPO DE TRATAMIENTO 19
4.2.1 ARENA. 19
4.2.1.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE ARENA 19
4.2.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE ARENA 20
4.2.1.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE ARENA 20
4.2.2. ABONO. 21

4.2.2.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE ABONO 21
4.2.2.2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) DE ABONO 22
4.2.2.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE ABONO 23
4.2.3. GAD. 23
4.2.3.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DEL GAD 23
4.2.3.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DEL GAD 24
4.2.3.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE GAD 25
4.2.4. TIERRA. 25
4.2.4.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE TIERRA 25
4.2.4.2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) DE LA TIERRA 26
4.2.4.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE TIERRA 27
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 28
5.1. CONCLUSIONES. 28
5.2. RECOMENDACIONES. 29
6. BIBLIOGRAFÍA. 30
7. ANEXOS 37

LISTADO DE ABREVIATURAS Y UNIDADES

GAD: Gobierno autónomo descentralizado

pH: Potencial de Hidrogeno

CE: Conductividad Eléctrica

DA: Densidad aparente

T: Toneladas

ha: Hectáreas

Kg: Kilogramos

cm^3: Centímetros cúbicos

ds: Decisiemens

m: metro

gr: gramos

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación del biocarbón en el vivero del GAD municipal del cantón Pastaza pretende mejorar la calidad del sustrato, al adicionar el biocarbón en el suelo se contribuye al secuestro de carbono y mejora de las propiedades físicas-químicas del suelo, con un potencial incremento en la productividad. La adición del biocarbón al suelo tiene como fin el aumento de nutrientes, mejorando la actividad bacteriana (Pinilla, 2014), el biocarbón ayuda también a la lucha contra el cambio climático (Scholz, *et al.*, 2014), y la reducción de las pérdidas de nutrientes por lixiviación debido que contiene una alta capacidad de retención (Prieto, 2013)

Existen diferentes tipos de siembra en viveros que pueden ser en envases de crecimiento, en fundas, en camas, y en siembra directa. Cada uno de estos métodos tienen sus diferentes características (Vázquez, *et al.*, 1997).Tradicionalmente se han usado diversos abonos orgánicos o fertilizantes químicos en sustratos que si bien aportan algún beneficio a la planta a la larga pueden llevar a degradar el suelo (Alarcón, 2006).

La fabricación del biocarbón es un incentivo para reducir los desechos orgánicos que son generados por el proceso de industrialización de biomasa forestal. El residuo utilizado para la realización del biocarbón fue de una fábrica dedicada a la elaboración de cajones de madera (pigüe) -*Piptocoma discolor* (kunt) Pruski-. El residuo de esta actividad se transformó a biocarbón que fue incorporado en los sustratos analizados.

1.1. PROBLEMA

La generación de desechos de pigüe -*Piptocoma discolor* (Kunt) Pruski - en el Cantón Pastaza llega al 40,41% (González *et al.*, 2016) y se convierte en una problemática ambiental por lo que se debe buscar alternativas para el uso adecuado de estos desechos; una de las alternativas es la manufactura del biocarbón que puede utilizarse como acondicionador en suelos de viveros.

1.2. HIPÓTESIS

El biocarbón de pigüe -*Piptocoma discolor* (Kunt) Pruski- es un acondicionador de las propiedades químicas y físicas de los sustratos requeridas para la producción de plántulas en viveros.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el Efecto del biocarbón de pigüe -*Piptocoma discolor* (Kunt) Pruski- como acondicionador de sustratos forestales en el Vivero Municipal del GAD Pastaza.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características del sustrato del vivero municipal del cantón Pastaza identificando sus propiedades físico-químicas.
- Determinar las propiedades físico-químicas de los sustratos precursores del sustrato utilizado en el vivero municipal del Cantón Pastaza.
- Evaluar las variaciones ejercidas por el biocarbón en adición a los sustratos utilizados.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. VIVERO

Un vivero es una infraestructura agrícola destinada a la producción de plantas, que pueden ser forestales, frutales u ornamentales. Cada tipo de vivero tiene un objetivo determinado. El vivero forestal está destinado principalmente a la producción de madera. Los viveros de árboles frutales se orientan a la obtención de frutos. Los de tipo ornamental están enfocados a la decoración de jardines, parques o espacios urbanos de interior (Infoagro Systems, 1997).

En el Ecuador en promedio se deforestan 198 000 hectáreas de bosques húmedos, secos y manglares cada año. Como consecuencia de esto la disminución de la biodiversidad es muy notoria en todas las regiones del país, dando lugar a fuertes desequilibrios biológicos capaces de afectar la salud de los ecosistemas naturales y productivos, así como la salud humana. Toda pérdida de suelo, agua, flora y fauna empeora la calidad de vida de la mayoría de la gente. Por otro lado, la madera al ser uno de los materiales estructurales básicos de mayor versatilidad, ha

llevado a la destrucción de los bosques húmedos tropicales, por lo que se hace imprescindible el establecimiento de viveros de especies forestales nativas o comerciales para así realzar labores de forestación y poder aplicar un manejo que permita la sustentabilidad de las plantaciones (Sánchez & Wong, 2010).

La situación es crítica: el alto índice del tráfico ilegal de madera, ha contribuido a una drástica disminución del hábitat natural de muchas especies, entre ellas algunas maderables finas como el Abarco, Caoba y Cedro y especies de árboles con otros usos (Redacción el Tiempo, 2015); es por eso que es de vital importancia implementar esta especie maderable como lo es el cedro.

2.2. BIOCARBÓN (BIOCHAR)

El biocarbón es una materia rica en carbón (C) que se obtiene de la composición de los desechos de la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre 300 a 700 °C y en ausencia de oxígeno (pirolisis). El uso de biocarbón como enmienda de suelo puede ser una solución viable para la mejora de la calidad del suelo y la captura de C. Se diferencia del carbón vegetal en que su finalidad es aplicarlo al suelo para la mejora de sus propiedades y el secuestro de C, mientras que el carbón vegetal se utiliza para ser quemado y obtener energía (Lehmann & Joseph, 2015) El biocarbón puede ser una buena enmienda del suelo con la capacidad de mejorar física, cualidades químicas y agronómicas del suelo. Sin embargo, los resultados muestran la falta actual de análisis metodológicos apropiados determinación de algunas de las características del biocarbón (Aller, 2016).

Actualmente, debido al desarrollo tecnológico de la industria bioenergética que incluye, además de la combustión, la pirolisis y la gasificación de la biomasa, es posible obtener tres productos resultantes de estos procesos: gas de síntesis, bioaceite y un residuo sólido rico en carbono (biocarbón). La producción de biocarbón tiene su origen en la combustión incompleta o parcialmente anaeróbica (pirolisis) de cualquier tipo de biomasa natural.

2.3. MEJORAMIENTO DE SUSTRATOS

2.3.1. FERTILIZANTES

Son considerados nutrientes tanto sólidos como líquidos que se le suministra a un suelo, para obtener el desarrollo ideal de las plantas, pues estas absorben lo que necesitan a través de sus raíces (Araúz, *et al.*, 2014). Si ocurre una buena reacción entre el fertilizante y el suelo se pueden producir más alimentos y cultivos de mejor calidad y se mejora la baja fertilidad de los suelos que han sido sobre explotados (Ramos, 2015).

Las utilizaciones de fertilizantes en suelos incluyen daños al medio ambiente: salitramiento, pérdida de la fertilidad natural, lixiviación de nutrimentos más allá de la zona radical, emisión de gases efecto invernadero y, contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Los daños en animales y humanos están relacionados con el consumo de agua o alimentos contaminados con nutrientes que fueron aplicados en exceso (Cueto & Figueroa, 2012).

2.3.2. ABONO

Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener agua incrementando la velocidad de infiltración de agua en el suelo. La composición química de los abonos orgánicos variará de acuerdo al origen (Trinidad Santos, 2000).

La agricultura orgánica es una forma de producir sosteniblemente cultivos, disminuyendo el uso de fertilizantes y plaguicidas. Resulta importante incrementar la eficiencia de utilización de los fertilizantes para evitar la degradación ambiental. Para ello, es necesario implementar tecnologías que permitan la aplicación de estos en el sitio y cultivo específico con el fin de cumplir la demanda del mismo. Los abonos orgánicos constituyen un elemento para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su

implementación en sistemas de producción limpia y ecológica. El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto a las plantas que crecen en él (Ramos & Terry, 2014).

2.3.3. BIOCARBÓN

La aplicación de biocarbón reduce la densidad aparente del suelo e incrementa la porosidad y aireación. Las enmiendas con biocarbón mejora la retención de nutrientes y agua en el suelo. Esto es muy importante ya que reduciría los lixiviados de los nutrientes y se mantendría la retención de agua en la planta. Con el biocarbón es posible aumentar la producción de plantas dentro de vivero y cultivos estas dos características podrían incrementar la producción neta o mejorar el uso eficiente de nutrientes y agua de los cultivos (Kauffman, *et al.*, 2014)

El biocarbón tiene la capacidad de jugar un rol importante en la expansión de opciones de gestión sostenible del suelo mejorando las prácticas de gestión existentes, y no solo aumentando la productividad del suelo, también disminuyendo el impacto ambiental en los recursos del suelo e hídricos. El biocarbón no debe verse como una alternativa a la gestión actual del suelo, sino un añadido valioso que facilita el desarrollo de un uso sostenible del suelo: creando una verdadera "Revolución Verde de Biochar" (Oses, 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente proyecto se realizó en el vivero del GAD municipal del cantón Pastaza, ubicado en la provincia de Pastaza, en el km 2½, vía Puyo – Tena, dentro del paseo turístico del río Puyo, su altitud es de 950 m.s.n.m y con una precipitación de 16,8 a 22,8 mm. Abarca un área de 500 m^2 (Ver Gráfico 1).



Gráfico.1. Ubicación del proyecto.

3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN:

El presente proyecto se orienta hacia dos tipos de investigación:

- ✓ Experimental: Se analizará los parámetros físicos y químicos en el laboratorio.
- ✓ Exploratoria: Utilizando revisión de literatura para comparar los resultados obtenidos.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:

Cuenta con métodos:

- ✓ Método analítico.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

3.4.1. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL BIOCHAR

- Estufa metálica
- Fósforo
- Pala
- Agua
- Una plancha de Zinc
- Termómetro a láser
- Lápiz
- Cuaderno de campo

3.4.2. MATERIALES DE CAMPO

Se utilizó los siguientes materiales de campo:

- 1 Espátula
- 1 Pala
- 2 Machetes
- 1 Libreta de campo
- 6 Cajas de fundas zip ploc
- 11 Lonas
- 2 Cilindros metálicos de diámetro 4.8.

3.4.3. EQUIPO DE LABORATORIO

- Estufa
- Balanza analítica
- Mufla
- Conductímetro
- pH-metro
- Agitador
- Generador de agua desionizada
- Bomba de vacío
- Vasos de precipitación
- tubo de ensaño
- 45 frascos de 100 ml
- 30 frascos de 50 ml

3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. ELABORACIÓN DE BIOCARBÓN (BIOCHAR) PARCIAL

Para la elaboración del biocarbón se gestionó la masa residual de una fábrica de cajones de madera (Anexo 1); los residuos se transportaron a un centro de acopio en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA). En donde la biomasa tuvo la conversión de madera a carbón. En la estufa se colocó 235,33 kg de biomasa de la cual salió la cuarta parte.

Para la obtención del carbón se siguieron los siguientes pasos:

- Se secó los residuos de madera por tres días al ambiente (Anexo 1),
- Se encendió cuatro palos de madera fuera de la estufa metálica (Anexo 1) y se colocó dentro de la estufa hasta llenarla.

- Se tapó la estufa con la tapa metálica y se dejó por tres horas para que ocurra el proceso de pirolisis es decir descomposición termina, cabe recalcar que siempre se debe estar midiendo la temperatura para saber con exactitud la calidad del carbón que se obtiene a las temperaturas alcanzadas para ello se tomó la temperatura cada 20 minutos por dos horas en una dirección inclinada calculando 50 cm desde la base (Ver Gráfico 2).
- Finalmente se procedió a girar la olla y se dejó enfriar para ser puestas en lona.



Gráfico 2. Realización de biocarbón y toma de temperatura.

Se muele el carbón para tener un tamaño de partícula más pequeño para la cual es necesario para adicionar el biocarbón en cada sustrato.

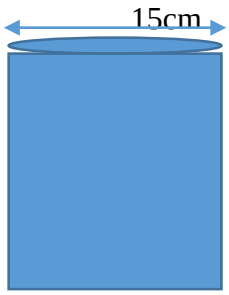
3.5.2. CALCULO PARA LA ADICIÓN DE BIOCARBÓN EN LOS DIFERENTES SUSTRATOS:

Los cálculos para determinar la cantidad de biocarbón a adicionarse a los diferentes sustratos son:

Tamaño de la funda semillera = 6 x 10 pulg.

Relación en centímetros 15 x 25 cm.

Se realizó el cálculo del área de la funda:



$A = \pi r^2$

$A = \pi 7.5^2$

A= 176,15 cm^2

Se realizó la transformación de cm^2a m^2:

$$176.715\ cm^2 \times \frac{1\ dm^2}{100 cm^2} x \frac{1 m^2}{100 dm^2} = 0{,}0176715 m^2$$

Una vez realizada la conversión se tiene la relación para la adición de biocarbón:

$1000m^2$ = 1 ha = 0,0176715 cm^2 (área de la funda semillera)

Se hace la relación de adición de biocarbón de 5 toneladas por hectárea y 10 toneladas por hectárea:

1T = 1.000 kg

El cálculo se realizó de la siguiente manera:

A 1 ha se añade 5 T de biocarbón y 10 T de biocarbón respectivamente.

1ha= 1 000 m^2

1ha= 0,0176715 m^2 (área de la funda)

5 T= 5 000 kg

10 T= 10 000 kg

Realizando el cálculo:

$$1ha/5tnbiochar = \frac{0.0176715\ m^2 x 5000\ kg}{1000\ m^2} = 0{,}00883575\ kg$$

$$1ha/10tnbiochar = \frac{0.0176715\ m^2 x 10000\ kg}{1000\ m^2} = 0{,}0176715\ kg$$

Se realizó la transformación de kg a gr para proceder a la mezcla y la adición de biocarbón en los diferentes sustratos.

$$0.00883575\ kg \times \frac{1000\ gr}{1kg} = 8{,}83575\ gr$$

$$0.0176715\ kg \times \frac{1000\ gr}{1kg} = 17{,}6715\ gr$$

3.5.3. COLECCIÓN, PREPARACIÓN Y ENFUNDADO

3.5.3.1. SUSTRATO GAD

3.5.3.1.1. Colección

El sustrato que usa el GAD en las plantaciones de vivero se compone de Arena, colectada del área de la mina "ANDRADE", ubicada en la vía Tarqui - Madre tierra (Pastaza), para la colección de este sustrato en el área del vivero se realizó en costales de Abono - Eco Puyo proyecto que promueve el municipio del cantón Pastaza en asociación con composteras de áreas rurales del cantón.

3.5.3.1.2. Preparación y enfundado

Para la preparación del sustrato del GAD se necesitó la cantidad de 12 473,78 gr de arena, 12 473,78 gr de abono y 12 473,78 gr de tierra; las cuales se procedieron a mezclar con la ayuda de una pala (Anexo 1), en la mezcla se pesó un total de 37 421,34 gr para las 3 réplicas de 11 unidades muéstrales, la cantidad de sustrato para cada unidad muestreal (um) fue de 1 133,98 gr, este tratamiento se rotulo como GAD: T1.

Para la adición de 5 T ha de biocarbón al sustrato del GAD, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato GAD para este tratamiento fue de 37 421,34 gr para 33 unidades muestrales(um), para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 5 T ha x 33um es decir: 8,83 gr x 33 que dio un total de 291,57 gr de biocarbón, se removió 291,57 gr de sustrato GAD, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal (um)fue de 1 133,98 gr, este tratamiento se rotulo como GAD+5 T ha B:T2.

Para la adición de 10 T ha de biocarbón al sustrato del GAD, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestrales(um) con 3 réplicas, la cantidad de sustrato GAD para este tratamiento fue de 37 421,34 gr para 33 unidades muestreales (um), para evitar restantes del sustrato, al adicionarse el biocarbón se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 10 T ha x 33um es decir: 17,67 gr x 33 que dio un total de 583,16 gr de biocarbón, se removió 583,16 gr de sustrato GAD, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 1 133,98 gr, este tratamiento se rotulo como GAD+10 T ha B:T3.

3.5.3.2. SUSTRATO ARENA

3.5.3.2.1. Colección

La arena se colecto de la mina “ANDRADE” ubicada vía Tarqui – Madre Tierra, del cantón Puyo - Provincia de Pastaza, para después ser llevada al vivero del GAD provincial.

3.5.3.2.2. Preparación y enfundado

Para la preparación de las 3 réplicas de 11 unidades muestreales se necesitó un total de 52 387,5 gr de este sustrato, la cantidad para cada unidad muestreal (um) fue de 1 587,5 gr, este tratamiento se rotulo como Arena: T4.

Para la adición de 5 T ha de biocarbón al sustrato Arena, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Arena para este tratamiento fue de 52 387,5 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón se reemplazó el

total de biocarbón a usarse en la relación 5 T ha x 33 (um) es decir: 8,83 gr x 33 que dio un total de 291,57 gr de biocarbón, se removió 291,57 gr de sustrato Arena, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestrear fue de 1 587,5 gr, este tratamiento se rotulo como Arena+5 T ha B: T5.

Para la adición de 10 T ha de biocarbón al sustrato Arena, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Arena para este tratamiento fue de 52 387,5 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 10t/h x 33 (unidades muestréales) es decir: 17,67 gr x 33 que dio un total de 583,16 gr de biocarbón, se removió 583,16 gr de sustrato Arena, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 1 587,5 gr, este tratamiento se rotulo como Arena+10 T ha B:T6.

3.5.3.3. SUSTRATO TIERRA

3.5.3.3.1. Colección

La tierra se colecto del área del vivero del GAD provincial.

3.5.3.3.2. Preparación y enfundado

Para la preparación de las 3 réplicas de 11 unidades muestreales se necesitó un total de 34 526,58 gr de este sustrato, la cantidad para cada unidad muestreal fue de 1 046,26 gr, este tratamiento se rotulo como Tierra: T7.

Para la adición de 5 T ha de biocarbón al sustrato Tierra, se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Tierra para este tratamiento fue de 34 526,58 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón se reemplazó el total de biocarbon a usarse en la relación 5 T ha x 33 (unidades muestreales) es decir: 8,83gr x 33 que dio un total de 291,57 gr de biocarbon, se removió 291,57 gr de sustrato Tierra, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 1 046,26 gr, este tratamiento se rotulo como Tierra+5 T ha B: T8.

Para la adición de 10 T ha de biocarbón al sustrato Tierra, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Tierra, para este tratamiento

fue de 34 526,58 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón, se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 10 T ha x 33 (unidades muestreales) es decir: 17,6715 gr x 33 que dio un total de 583,16 gr de biocarbón, se removió 583,16 gr de sustrato Arena, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 1 046.26 gr, este tratamiento se rotulo como Tierra+10 T ha B: T9.

3.5.3.4. SUSTRATO ABONO

3.5.3.4.1. Colección

El abono que se usó para este tratamiento se obtuvo de Abono Eco-puyo, impulsado por el GAD municipal que recoge abonos de diferentes composteras de áreas rurales del Cantón Pastaza.

3.5.3.4.2. Preparación y enfundado

Para la preparación de las 3 réplicas de 11 unidades muestreales se necesitó un total de 22 452,8 gr de este sustrato, la cantidad para cada unidad muestreal fue de 680,389 gr, este tratamiento se rotulo como Abono: T10.

Para la adición de 5 T ha de biocarbón al sustrato Abono, se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Abono para este tratamiento fue de 22 452,8 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 5 T ha x 33 (unidades muestreales) es decir: 8,83 gr x 33 que dio un total de 291,57 gr de biocarbón, se removió 291,57 gr de sustrato Abono, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 680,389 gr, este tratamiento se rotulo como Abono+5 T ha B: T11.

Para la adición de 10 T ha de biocarbón al sustrato Abono, de igual manera se realizó un total de 11 unidades muestreales con 3 réplicas, la cantidad de sustrato Abono, para este tratamiento fue de 22 452,8 gr, para evitar restantes del sustrato al adicionarse el biocarbón, se reemplazó el total de biocarbón a usarse en la relación 10 T ha x 33 (unidades muestreales) es decir: 17,67 gr x 33 que dio un total de 583,16 gr de biocarbón, se removió 583,16 gr de sustrato

Arena, y se adiciono la misma cantidad a la mezcla, la cantidad del tratamiento para cada unidad muestreal fue de 680,38 gr, este tratamiento se rotulo como Abono+10 T ha B: T12.

3.5.3.5. ROTULADO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

En la tabla 1 se muestra el rotulado de los diferentes tratamientos utilizados.

Tabla 1: Rotulado de los diferentes tratamientos.

T1	GAD
T2	GAD+5Bio
T3	GAD+10Bio
T4	ARENA
T5	ARENA+5Bio
T6	ARENA+10Bio
T7	TIERRA
T8	TIERRA+5Bio
T9	TIERRA+10Bio
T10	ABONO
T11	ABONO+5Bio
T12	ABONO+10Bio

3.5.4. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO (VIVERO)

A los 43 días se recolectaron las muestras de los diferentes ensayos de las cuales se tomaron 15 muestras de las 3 réplicas de las 12 unidades muestreales.

3.5.5. MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE LABORATORIO

3.5.5.1. DENSIDAD APARENTE (DA)

Se utilizó el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986) que consistió en coger la muestra en un cilindro. El diámetro del cilindro fue de 4,8cm, el volumen interior de cilindro removible es de 92.28 cm^3 para recolectar la muestra en las 3 réplicas de las 12 unidades muestréales, se retiró el cilindro con mucho cuidado y enraso el sustrato excedente por encima y por debajo

(Anexo 1) para posteriormente ponerlos en fundas ziploc; luego se llevó las muestras al laboratorio de suelos de la UEA para su secado en estufa a 105° C por 24 horas y posteriormente se pesó (Anexo 1). Para el cálculo de densidad aparente (DA) se realizó mediante la siguiente formula:

$$DA = \frac{P}{Vc}$$

Siendo:

- DA: Densidad aparente.
- P: Peso de la muestra
- Vc: Volumen del cilindro.

3.5.5.2. POTENCIAL HIDROGENO (pH):

Se dejó secar las muestras a temperatura ambiente posteriormente se molieron en un tamiz de 2 mm; se pesa 10 gr de muestra ya molida, en frascos, luego se rotuló las muestras en el frasco y se disolvió 25 ml de agua destilada y se colocó en el agitador por 10 minutos después se deja reposar por 30 minutos; se procede a calibrar el equipo para el análisis se colocó el pH-metro en cada muestra; se debe limpiar el pH-metro con agua destilada y secarlo para la lectura de cada muestra.

3.5.5.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE):

Este análisis se realizó mediante pasta satura; para la cual se tuvo que pesar 50gr de cada muestra y humidificarlos con agua destilada hasta formar un espejo de agua, se deja reposar por 24 horas. Se extrae la humedad de las muestras por medio de bomba de vacío, en tubos de ensayo, se coloca el conductímetro en los tubos de ensayo y se procedie a la lectura y anotando de los valores con las respectivas unidades. Para el análisis de cada muestra se debe limpiar el conductímetro con agua destilada.

3.5.6. ANÁLISIS DE LABORATORIO DE BIOCARBÓN

3.5.6.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Se realizaron análisis de pH y conductividad aparente en tres diferentes concentraciones la primera concentración es adicionar pesar 10 gr de biocarbón disuelto en 50 ml de agua desionizada (1:5), la segunda concentración es pesar 5 gr de biocarbón disuelto en 50 ml de agua desionizada (1:10) y la tercera concentración es pesar 5 gr de biocarbón disuelto en 100 ml de agua desionizada (1:20). Las diferentes muestras se colocan en la maquina agitadora por una hora después deja reposar por una hora y se procede al análisis de pH y conductividad eléctrica; se coloca el pH-metro en cada frasco y se procede a la lectura de los valores; se debe limpiar el pH-metro para el análisis de cada muestra después de haber realizado el pH se conserva la muestra para hacer los análisis de conductividad eléctrica; para ello se coloca el conductímetro en cada frasco y se procede a la lectura de los datos con las diferentes unidades.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ELABORACIÓN DEL BIOCARBÓN

4.1.1. TEMPERATURA

La temperatura máxima alcanzada durante la elaboración de biocarbón fue de 436,1 ºC (tabla 2) con un promedio de 393,64ºC respecto al total de las temperaturas máximas (ver gráfico 3); en un estudio realizado por Ronsse, *et al* ., (2013), se nota que se alcanzan temperaturas elevadas mayores a 300 ºC para masas de desechos maderables, mientras que Escalante, *et al.*, (2016) menciona que las temperaturas de 300 a 500 °C optimizan el rendimiento del biocarbón.

Tabla 2: Valores de temperatura en la elaboración del biocarbón.

	batch 1			batch2			batch 3		
hora	T1-1	T2-1	T3-1	T1-2	T2-2	T3-2	T1-3	T2-3	T3-3
10:00	83,3	44,2	103,3	37,3	104,5	70,5	45,2	98,5	106,1
10:20	111,5	71,7	160,2	44,2	108,6	81,3	79,3	101,2	159,2
10:40	98,3	104,9	202,4	98,5	134,2	90,6	102,5	136,2	208,2
11:00	107,3	131,4	210,2	105,2	196,3	101,2	120,6	179,6	234,5
11:20	191,2	183,1	226,5	198,6	201,2	140	130,5	197,4	256,2
11:40	200,2	292,2	235,2	201,2	236,5	168	205,2	206,3	269,7
12:00	216,4	300,3	248,8	281,3	298,7	196,2	229,2	295,2	365,4
12:20	398,6	284,1	381,7	315,2	394,1	278,5	274,2	374,2	382,4
12:40	443,8	350,2	422,2	396	428	356,4	308,9	401,2	436,1

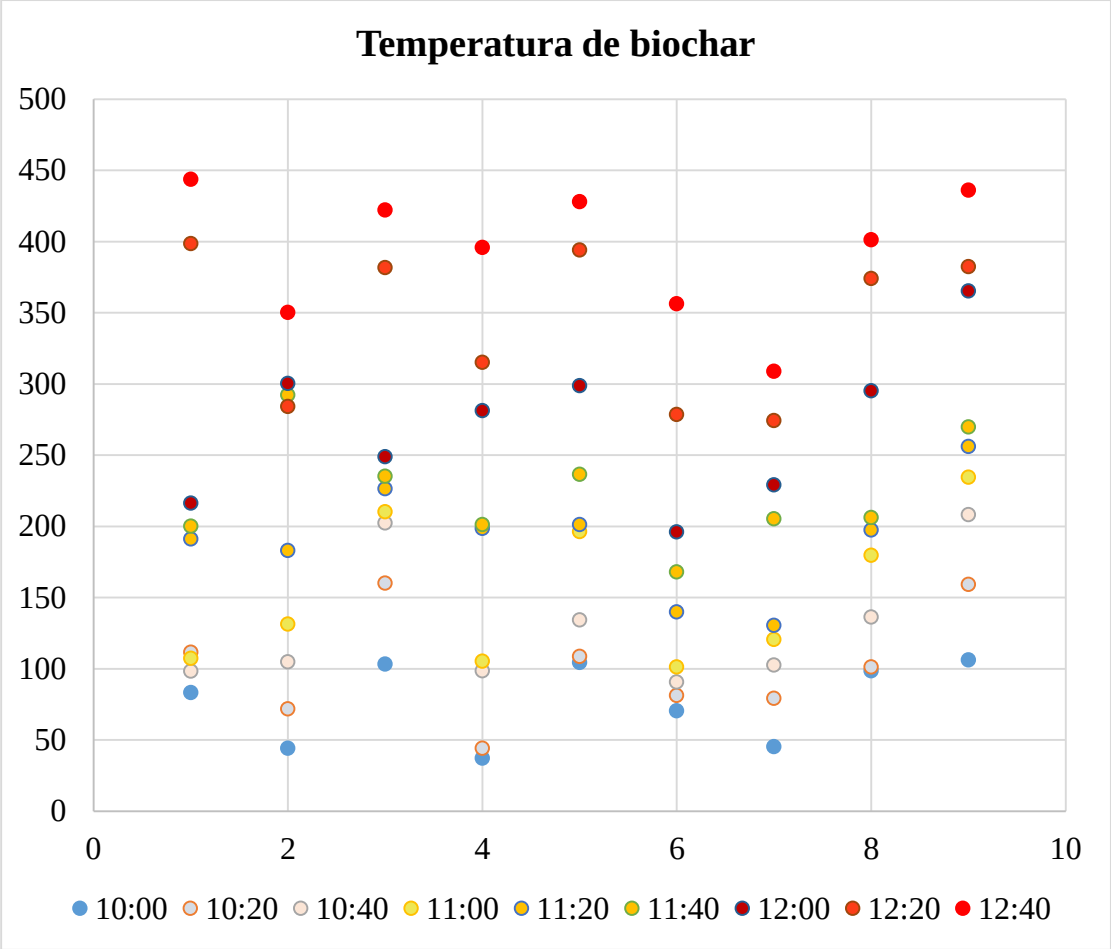


Gráfico 3: Temperaturas alcanzadas en la elaboración de biocarbón en diferentes horas.

4.1.2. pH DEL BIOCARBÓN

En el análisis de pH se obtuvo un promedio de 10,47 en las diferentes concentraciones (1:5; 1:10; 1:20) de carácter alcalino (Ver Gráfico 4). El pH de 1:5 dio de 10,46 el de 1:10 dio un pH de 10,50 y de 1:20 dio un pH de 10,47. Otros estudios realizados plantean que el pH del biocarbón para residuos maderables se encuentran entre 9,63 y 11,62 (Ronsse, *et al*., 2013) se concreta que se encuentra dentro de los rangos comparado con este estudio.

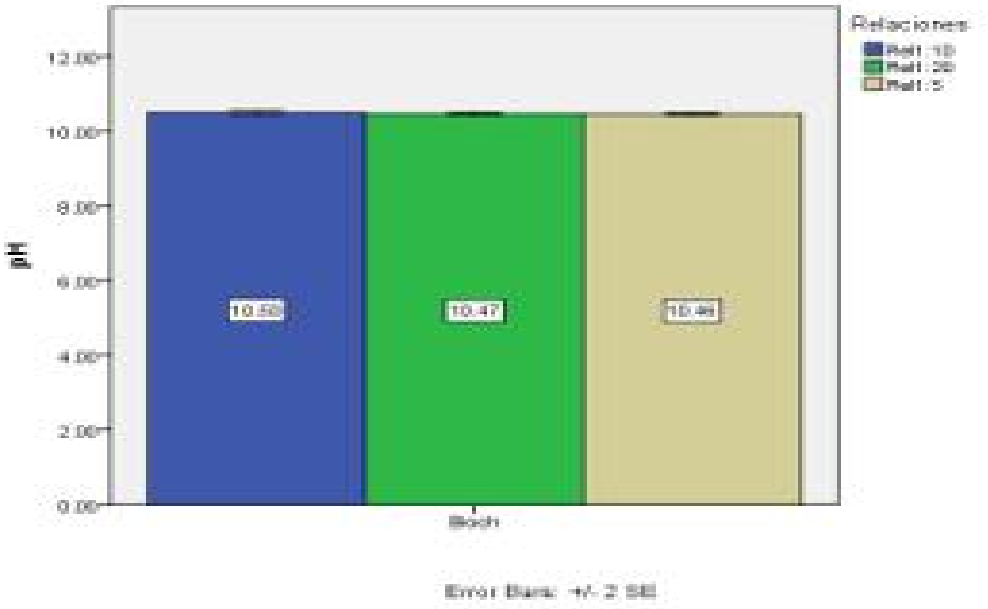


Gráfico 4: Valores máximos de pH según cada relación.

4.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DEL BIOCARBÓN

Se realizaron análisis a diferentes concentraciones (1:5; 1:10; 1:20). En la concentración de 1:5 se obtuvo un valor medio de conductividad eléctrica de 6,57 ds/m, la relación (1:10) dio un valor medio de 3,61 ds/m y la relación de (1:20) dio un valor medio de 1,71 ds/m como se muestra en la (Ver Gráfico 5).

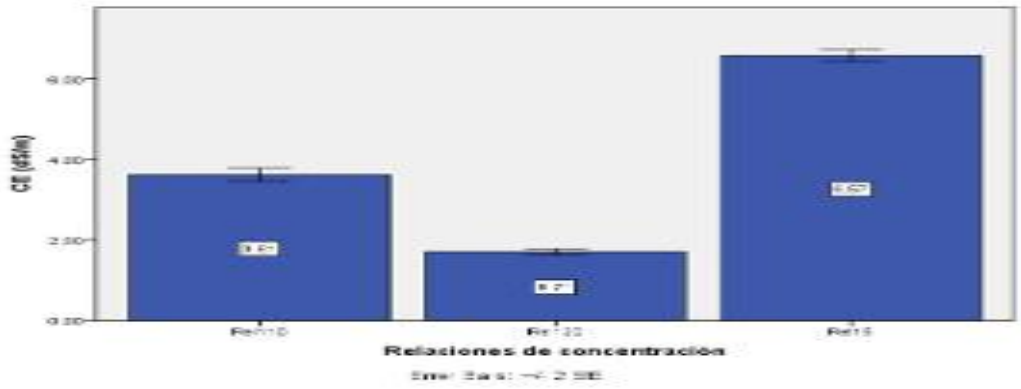


Gráfico 5: Valores de conductividad eléctrica del biocarbón.

El valor de CE aumenta cuando la concentración de agua en el biocarbón es baja.

4.2. VARIABLES DEPENDIENTES EN CADA TIPO DE TRATAMIENTO

4.2.1 ARENA

Los resultados de los valores medios para el pH en el sustrato de arena, abono, GAD y tierra en el cual se puede observar que en todos los casos el pH sufre un incremento a medida que se incrementa el biocarbón, esto se debe a que el biocarbón obtenido presente un pH básico (mayor a 10).

4.2.1.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE ARENA

El pH de la arena con un valor de la media fue de 7,002, con variaciones de (7,853 a 6,646), en condiciones normales, en cuanto a la adición para las diferentes cantidades de biocarbón, en la relación 5 T ha +arena la media calculada dio como resultado un pH de 7,691, con variaciones de (8,932 a 7,054), y para la relación 10 T ha +arena la media calculada dio como resultado un incremento de pH de 7,795, con variaciones de (8,892 a 7,057). Datos que se presentan en el (Ver Gráfico 6), Según (Lehman, *et al*., 2003), con las adición de biocarbón existen mejoras para los suelos en cuanto a características químicas, incrementando los niveles de pH. Cabe recalcar que Arteaga en el 2013 menciona que las especies forestales toleran un intervalo relativamente amplio de valores de pH.

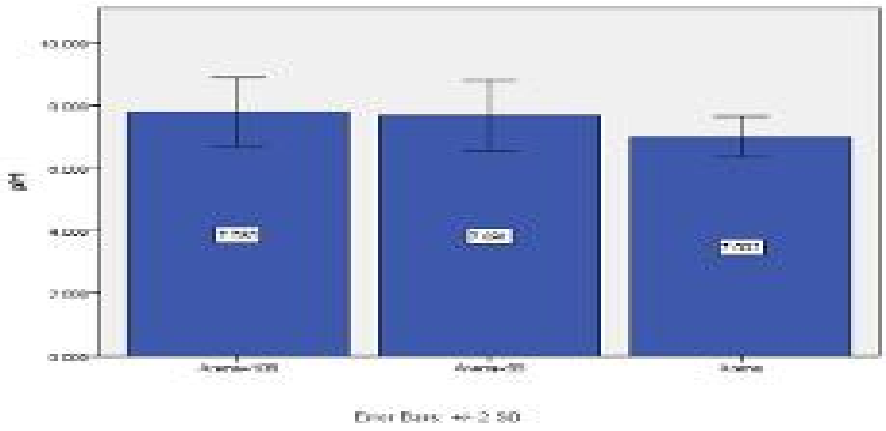


Gráfico 6. Resultados de pH en el sustrato de arena.

4.2.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE ARENA

La conductividad eléctrica de la arena en condiciones normales, el valor de la media dio como resultado 0,104 ds/m, con variaciones de (0,123 ds/m a 0,068 ds/m), en cuanto a las condiciones con adición de biocarbon 5 T ha +arena el valor de la media fue de 1.013 ds/m, con variaciones de (3,412 ds/m a 0,457 ds/m), para la condición con adición de biocarcon 10 T ha +arena el valor de la media fue de 0,398 ds/cm, con variaciones de (0,664 ds/m a 0,215 ds/m) (Ver Gráfico 7). Las variaciones de conductividad eléctrica que se pueden dar dependiendo del tipo del suelo, debido principalmente al tamaño de partículas que se puede encontrar (Peralta *et al.*, 2013).

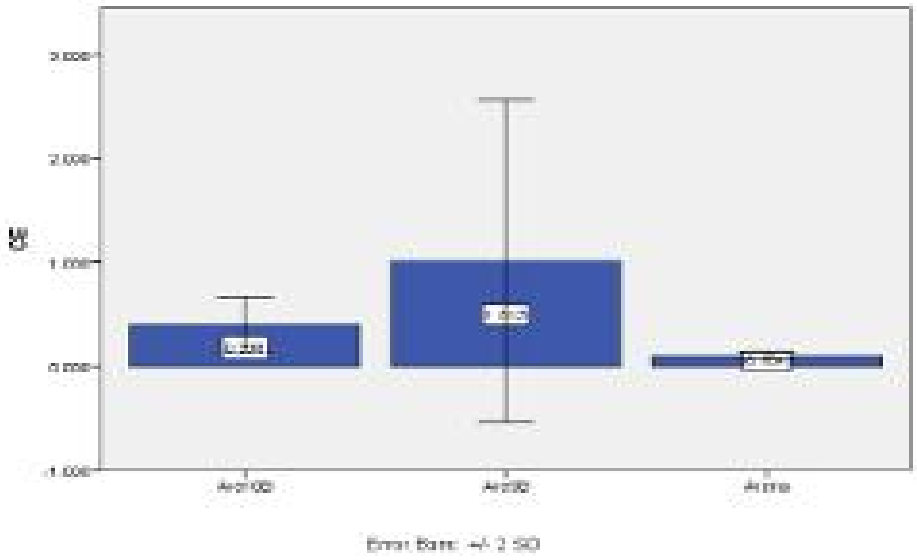


Gráfico 7. Resultados de CE en el sustrato de arena

4.2.1.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE ARENA

La densidad aparente para la arena en condiciones normales dio como resultado una media de 1,155 g/cm^3, con variaciones de (1,274 gr/cm^3 a 0,963 gr/cm^3), en cuanto a la condición con adición de biocarbon de 5 T ha + arena el resultado de la media fue de 1,161 gr/cm3, con variaciones de (1,293 gr/cm^3 a 0,978 gr/cm^3) y para la condición de adición de biocarbón de 10 T ha + arena el resultado de la media fue de 1,251 gr/cm^{3,} con variaciones de (1,334 gr/cm^3 a 1,186 gr/cm^3) (Ver Gráfico 8).

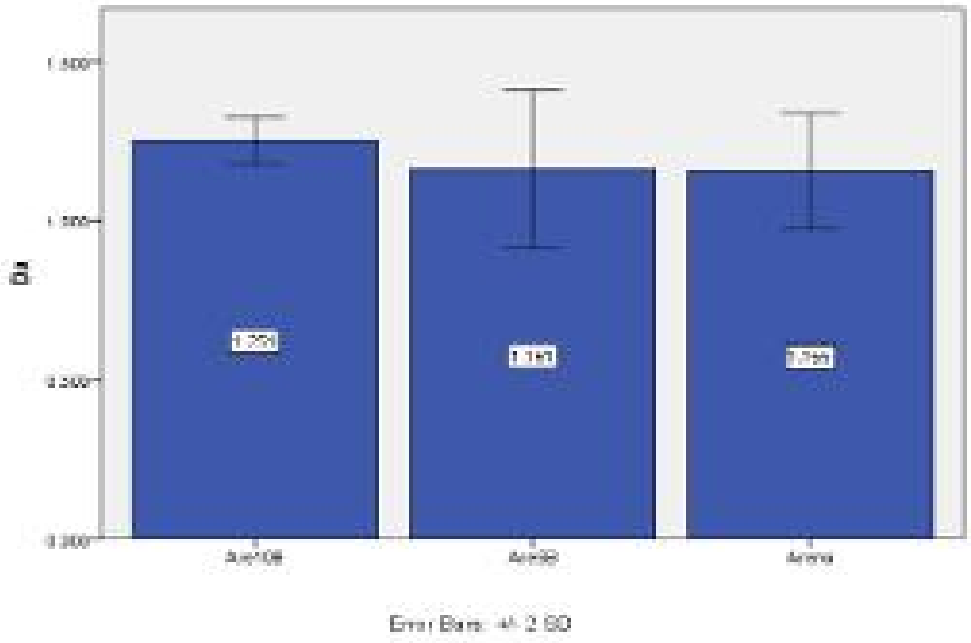


Gráfico 8. Resultados de DA en el sustrato de arena.

4.2.2. ABONO

4.2.2.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE ABONO

Los resultados obtenidos en abono dio un pH de 7,659 con variaciones (7,504 a 7,815) al adicionar 5 T ha de biocarbón el pH medio es de 7,942 con variaciones (7,784 a 8,095) y en 10 T ha se obtiene un pH medio 8,006 con variaciones (7,843 a 8,165) mientras se aumenta el biocarbón se aumenta el pH (Ver Gráfico 9). La mezcla de la turba con biocarbón a diferentes proporciones de adición de biocarbón determina un aumento progresivo en el pH de la turba (Qiu *et al*., 2018).

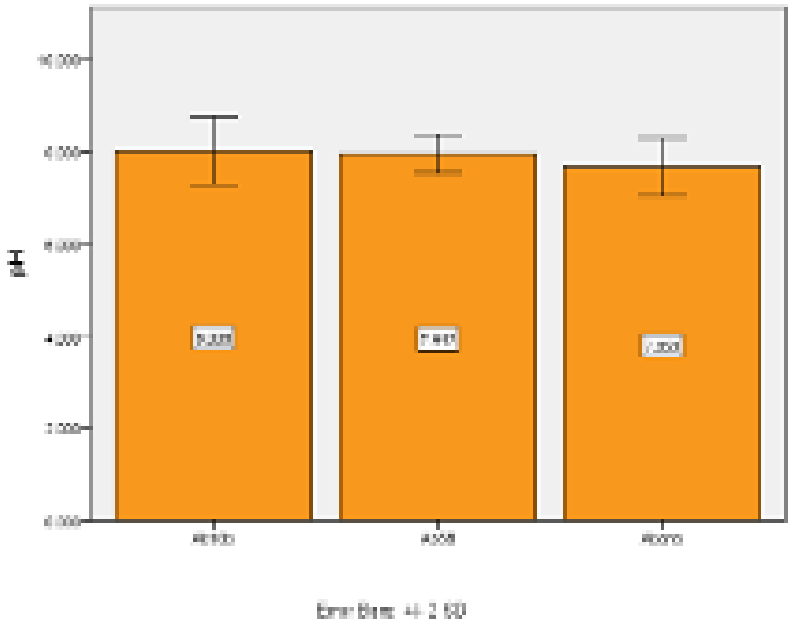


Gráfico 9. Resultados de pH en el sustrato de abono.

4.2.2.2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) DE ABONO

La conductividad eléctrica decae cuando se acondiciona el sustrato con biocarbón. En el abono el valor medio del sustrato de control es de 12,916 con variaciones (11,741 a 14,092) en adición de 5T ha el CE decae a un 9,649 en variaciones entre 8,471 a 10,823 y con adición de 10T ha se tiene un valor medio de 9,073 en variaciones de 7,891 a 10,241 (Ver Gráfico 10); comparando con otros autores la utilización de biocarbón mas gallinaza la CE decae (Fernando & Sebastia, 2015) por lo que se relaciona con los resultados obtenidos de la adición de biocarbón en abonos.

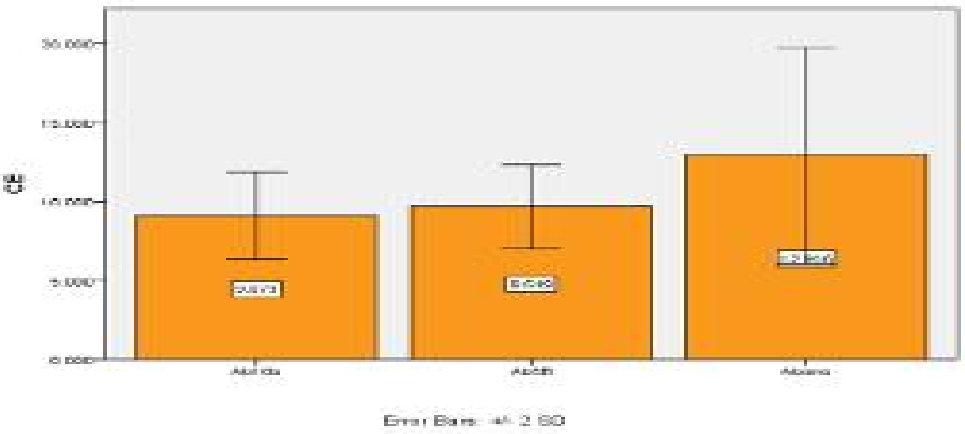


Gráfico 10. Resultados de DA en el sustrato de abono.

4.2.2.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE ABONO

Los resultados para DA en adición de biocarbón incrementa los valores respecto a nuestro tratamiento de control que tiene un valor de 0,259 (Ver Gráfico 11), al adicionar 5 T ha la DA aumenta a 0,359 mientras que al adicionar 10 T ha existe una disminución de DA. La adición de otro tipo de abono como la gallinaza se ha visto progresivos aumentos de DA al adicionar biocarbón (Fernando & Sebastia, 2015).

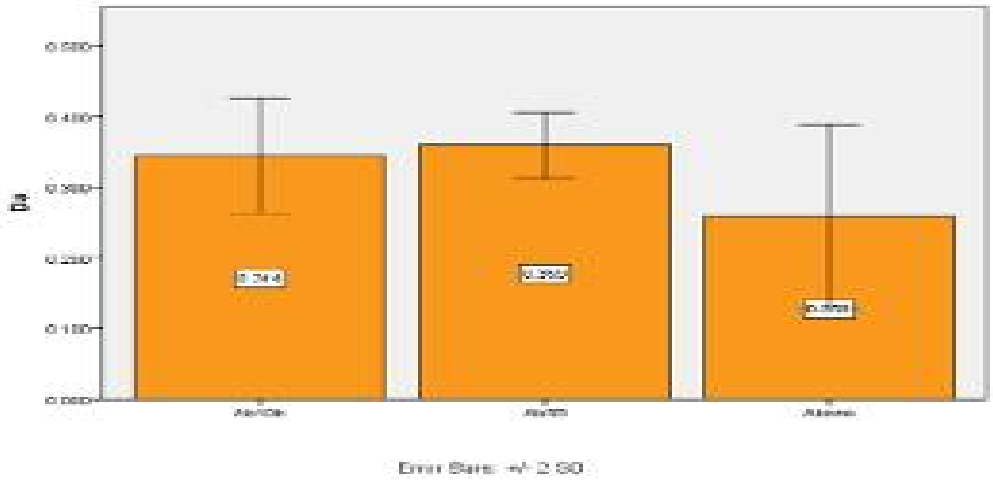


Gráfico 11. Resultados de DA en el sustrato de abono.

4.2.3. GAD

4.2.3.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DEL GAD

La variación del pH con adición del biocarbón dió una variación significativa, la mezcla compuesta del GAD en el pH dio un valor medio de 6,620 con variaciones de 6,504 a 6,734; con la adición de 5T ha de biocarbón el pH aumenta a 6,833 con variaciones entre 6,722 a 6,943 de igual manera al adicionar 10 T ha aumento el pH con un valor medio de 7,218 con variaciones entre 7,104 a 7,326 (Ver Gráfico 12). En un estudio realizado sobre las condiciones físicas del suelo y tenciones de humedad en cultivos dicen que al adicionar biocarbon aumenta el pH 6,8 (inicio) a 7,2 (final) (Villamagua *et al.*, 2010).

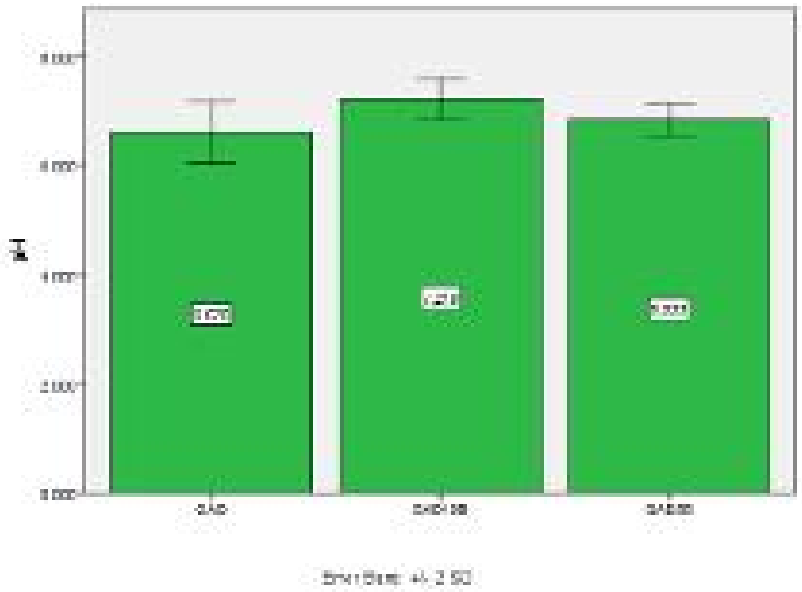


Gráfico 12. Resultados de pH en el sustrato de GAD.

4.2.3.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DEL GAD

La conductividad eléctrica inicial es de 6,515 con variaciones de (6,274 a 6,756) (Ver Gráfico 13) al adicionar 5 T ha de biocarbón CE decae de 6,515 a 5,973 con variaciones de (5,733 a 6,204) y al incrementar 10 T ha incrementa de 6,515 a 6,605 con variaciones de (6,367 a 6,842).

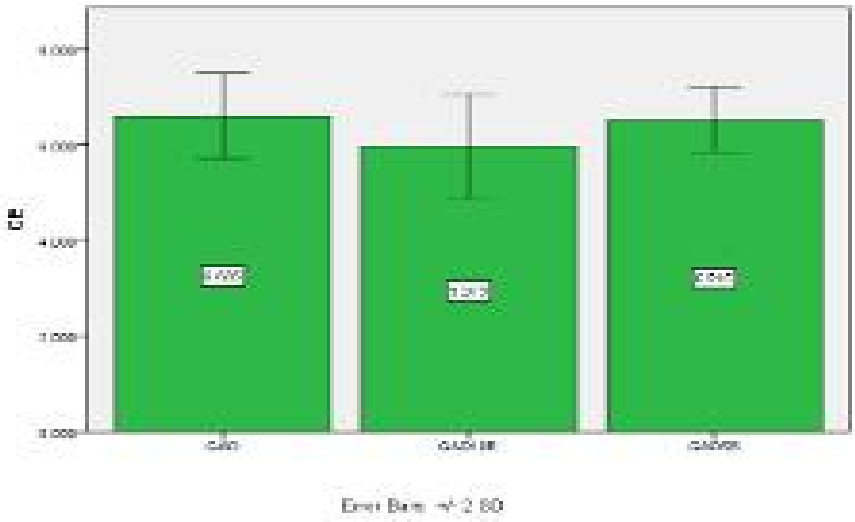


Gráfico 13. Resultados de CE en el sustrato de GAD.

4.2.3.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE GAD

Con respecto a la DA los valores en adición a biocarbón no son significativos (Ver Gráfico 14). El promedio de la mezcla utilizada en el vivero del GAD Pastaza es de 0,476, al añadir biocarbón a razón de 5 T ha este número se mantiene en 0,472 mientras que cuando se adiciona 10T ha disminuye a 0.461 valor no significativo.

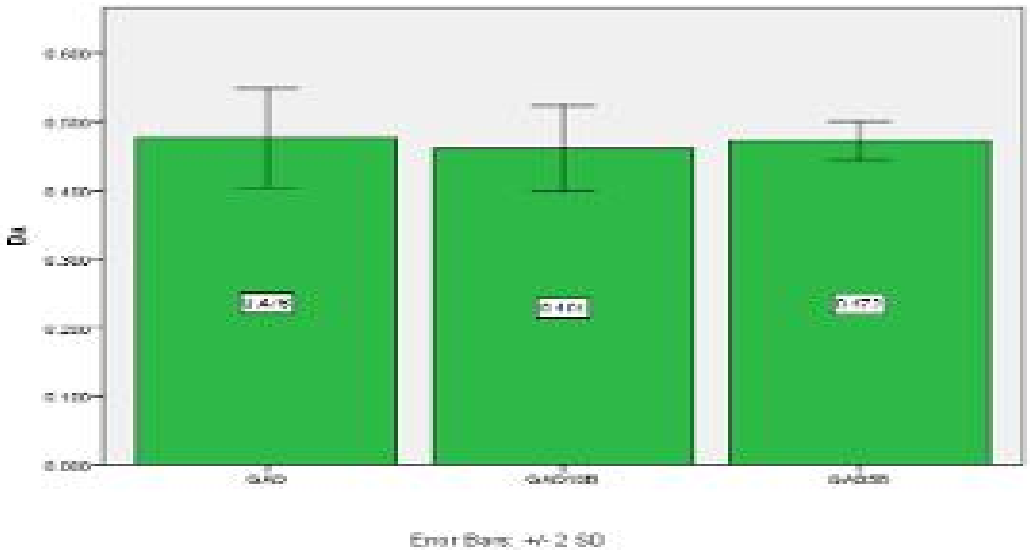


Gráfico 14. Resultados de DA en el sustrato de GAD.

4.2.4. TIERRA

4.2.4.1. POTENCIAL HIDROGENO (pH) DE TIERRA

La variación de pH tuvo una variación significativa con la adición de biocarbón a 5 y 10 T ha. El pH de la tierra tiene un valor medio de 6,047 (5,894 a 6,203); con la adición de biocarbón a 5 T ha incrementa el pH medio a 6,667 (6,512 a 6,826), de igual manera incrementa al adicionar 10 T ha con un pH medio de 6,997 (6,843 a 6,923) (Ver Gráfico 15). Las propiedades químicas, físicas y biológicas de suelos modificados después de aplicar biocarbón al suelo e incubarse durante 105 días tuvieron incremento de al menos 0,5 unidades en relación a las muestras de control (Song *et al*., 2018).

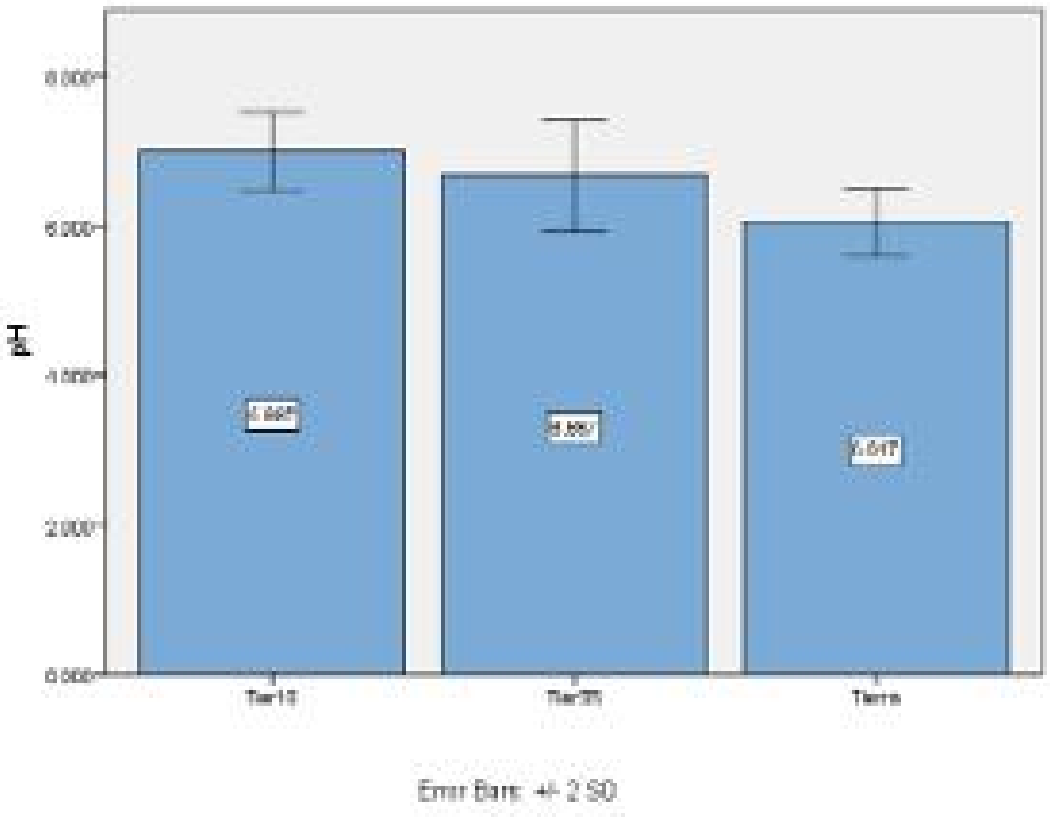


Gráfico 15. Resultados de pH en el sustrato de tierra.

4.2.4.2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) DE LA TIERRA

La conductividad eléctrica del sustrato de control tierra a comparación con la adición de biocarbón en diferentes cantidades da una variación significativa. La conductividad eléctrica media de la tierra es de 0,072 con intervalos de 0,003-0,147; con la adición de biocarbón de 5T ha subió a un valor medio de 0,944 en intervalos de 0,863-1,012 y de igual manera incrementa cuando se adiciona el biocarbón a 10T ha dado como un valor medio de 1,012 en intervalos de 0,982-1,131 (Ver Gráfica 16). En un estudio realizado de los Efectos del biocarbón sobre el suelo dieron como resultados que al emplear diferentes tipos de biochars proporciona cambios elevados en la conductividad eléctrica comparado con su punto de control (Olmo, 2016). Por lo que comparando con nuestros resultados si existió un cambio en CE.

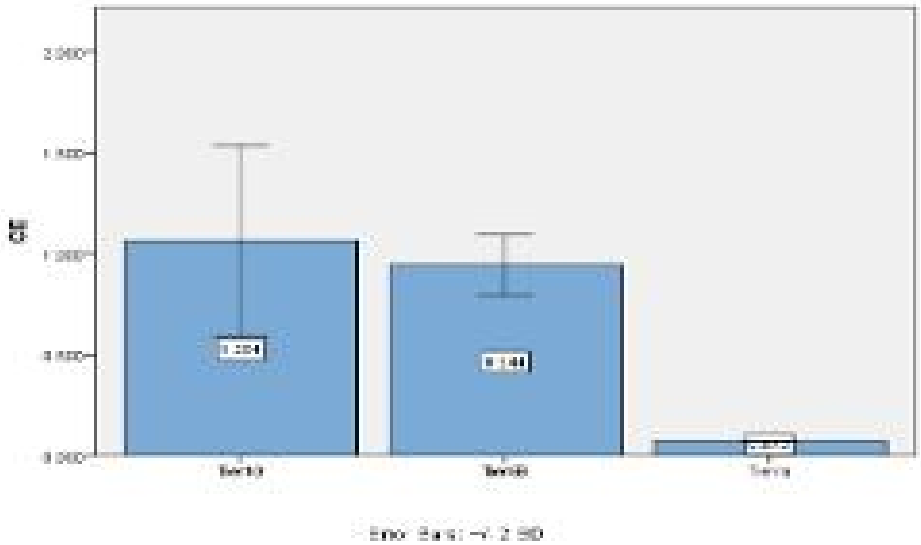


Gráfico 16. Resultados de CE en el sustrato de tierra.

4.2.4.3. DENSIDAD APARENTE (DA) DE TIERRA

La adición de biocarbón en la tierra tiene variaciones poco significativas con un porcentaje medio de 0,320 del sustrato de control, la adición de 5T ha dio un valor medio de 0,359 y con la adición de 10T ha dio un valor medio de 0,375 (Ver Gráfico 17). En otros estudios realizados sobre la adición de biocarbón en el suelo, dio como resultado la reducción de la densidad aparente y la compactación del suelo. La reducción de la densidad aparente se ha asociado con la elevada porosidad y la baja densidad del biocarbón (Olmo, 2016).

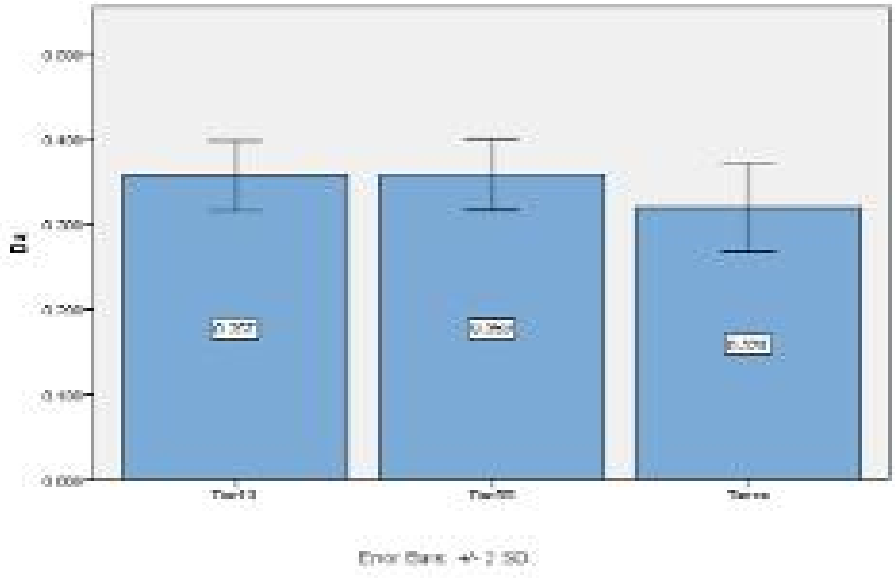


Gráfico 17. Resultados de DA en el sustrato de tierra.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El sustrato que se usa en el vivero del GAD (T1) municipal está compuesto por arena, tierra y abono, las características físico– químicas de este sustrato resultaron en una media de pH: 6,620 que es un pH neutro, en cuanto a conductividad eléctrica presento una media de 6,605 ds/m, lo cual nos indica que existe alta concentración de sales, para el cálculo de densidad aparente (DA) el resultado de la media es de 0,476 gr/cm^3.
- Los análisis físico-químicos de los componentes del sustrato del GAD, fueron en el caso de la arena (T4), el valor de la media para pH fue de 7,002, que es neutro, en cuanto a la conductividad eléctrica presento una media de 0,104 ds/m, con un bajo contenido de sales, lo cual facilita el manejo de la fertilización en un sustrato, para el cálculo de densidad aparente (DA) el valor de la media fue de 1,155 gr/cm^3. Para el caso del abono (T10), el valor de la media para pH fue de 7,659, que es un pH básico o alcalino, para la conductividad eléctrica el valor de la media fue de 12,916 ds/m, existe alta concentración de sales lo que no es bueno para los cultivos, para el cálculo de densidad aparente (DA) el valor de la media fue de 0,250 gr/cm^3. Para la tierra (T7) el valor de la media para pH fue de 6,047 que es un pH ácido, para el análisis de conductividad eléctrica el valor de la medio fue de 0,072 ds/m con un bajo contenido de sales, lo que es ideal ya que se recomienda que un CE sea menor a 1ds/m, para que exista fertilidad, en el cálculo de densidad aparente (DA) el valor de la media fue 0,320 gr/cm^3.
- En cuanto a la adición de biocarbón en diferentes cantidades, los resultados nos muestran que para cada tratamiento, hubo variaciones dependiendo del sustrato utilizado en mezcla con el biocarbón, en la mayoría de sustratos en los que se adiciono biocarbon existe un incremento de pH y variaciones en cuanto a conductividad eléctrica y densidad aparente, en la totalidad de los tratamientos analizados el biocarbón incremento el pH, siendo la relación 10Tn/h la que mejor aporte trajo a los sustratos en cuanto a este parámetro analizado. Los sustratos utilizados en cuanto a sus valores de pH presentaron rangos entre neutros y básicos a excepción del sustrato tierra (T7) con un pH ácido, la adición de biocarbón incremento este pH, por lo que la adición de biocarbón en este sustrato puede

ser idónea para incrementar sus valores en cuanto a pH. Los resultados de conductividad eléctrica tuvieron variaciones significativas para cada tratamiento en el caso de la adición arena+5Tn/h (T5), hubo un incremento significativo en relación al sustrato sin la adición de biocarbón, en el sustrato tierra (T7), de igual manera incremento significativamente la conductividad eléctrica siendo la relación tierra+10Tn/h la que mayor valor presento en cuanto a este parámetro. En los sustratos GAD (T1), y abono (T10), la adición de biocarbón disminuyo la conductividad eléctrica, siendo la relación 10Tn/h la que mayor influencia tuvo en este parámetro. La densidad aparente calculada en los diferentes tratamientos vario de acuerdo a los diferentes sustratos, la adición de biocarbón en los tratamientos, Tierra(T7) y Abono(T10), se incrementó la densidad aparente en cuanto a la relación 5Tn/h, para los tratamientos GAD (T1) y Arena (T4) la adición de biocarbón no cambio significativamente el valor de este parámetro.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debería realizar análisis de nutrientes esenciales de suelo como: Fósforo, Potasio, Hierro, Cobre.
- Para obtener mejores resultados de recomienda realizar los análisis de adición del biocarbón después de un año para ver los cambios que presentan.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agroquimico. (04 de 04 de 2014). Reacción de los Fertilizantes en los Suelos y Vocabulario. - *reacción-de-los-fertilizantes-en-el-suelo - Slideshare*. Obtenido de https://es.scribd.com/doc/216339530/Reaccion-de-los-Fertilizantes-en-los-Suelos-y-Vocabulario.

Ahmad, M., Upamali Rajapaksha, A., Eun Lim, J., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., . . . SooLee, S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review*, 19-33. Chemosphere.

Alarcón L., A. (2006). Nutrición y riego en los viveros. *Nutrición y riego en los viveros*. Cartagena. Obtenido de http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/a_alarcon.pdf.

Alarcón, A. (2006). *Nutrición y riego en los viveros.* Recuperado el 21 de 01 de 2018, de Extra: http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/a_alarcon.pdf.

Aller, F. (2016). Biochar properties: Transport, fate, and impact. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 46*(14-15), 1183-1296. doi:10.1080/10643389.2016.1212368.

Aller, M. F. (2016). Biochar properties: Transport, fate, and impact. *CRITICAL REVIEWS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 1182.

Araúz, D., Chávez, K., Guerra, F., Rodríguez, J., & Montezuma, K. (2014). *Reacción de los fertilizantes en el suelo*. Recuperado el 24 de 01 de 2018, de https://es.scribd.com/doc/216339530/Reaccion-de-los-Fertilizantes-en-los-Suelos-y-Vocabulario.

Arteaga, Y. (2013). Termoconversión del aserrín de Acacia mangium Willd en biocarbón para acondicionador de sustratos en la producción de plántulas Taliparitiel elatum (Sw.) Fryxell. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales*. Pinar del río: Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”. Recuperado el 26 de 02 de 2018.

Bibliotecadigital. (S.A). los viveros . *III. LOS VIVEROS - Biblioteca Digital ILCE*.

biodiversidad, E. n. (2008). Los Ecosistemas de Nicaragua y su estado de conservación. *Ecosistemas y Conservación - SINIA-MARENA*. Nicaragua. Obtenido de

http://www.sinia.net.ni/multisites/NodoBiodiversidad/images/NodosTematicos/NodoBiodiversidad/Docuementos/Ecosistemas%20Conservacion.pdf.

Blake , G., & Hartge, K. (1986). Methods of soil analysis. *Physical and Mineralogical Methods*, 363-375. Madison, Washington , Estados unidos.

Braga, A. J. (2011). Tierra negra: Una herencia Indígena. *globecología*.

Cueto, J. A. (09 de 08 de 2012). Impacto ambiental en la fertilización y recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes. *PDF]impacto ambiental de la fertilización y recomendaciones para mejorar*. Obtenido de https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/file/seminario_fertilizacion/presentaciones_9agosto/dia1_presentacion1_jose_cueto.pdf.

Cueto, J., & Figueroa, U. (2012). *Impacto ambiental en la fertilización y recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes.* Recuperado el 23 de 01 de 2018, de INIFAP:https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/file/seminario_fertilizacion/presentaciones_9agosto/dia1_presentacion1_jose_cueto.pdf.

Digital, B. (2017). los viveros. *III. LOS VIVEROS - Biblioteca Digital ILCE*. Obtenido de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm.

Ecuador, C. d. (2008). *Constituacion de la republica del Ecuador.*

Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoam, 34*(3), 367-382. Recuperado el 27 de 02 de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000300367&script=sci_arttext.

FAO. (2009). *Los fertilizantes y su uso.* Paris.

FAO, P. d. (2017). Degradacion de suelo. *Degradación/restoración Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/.

Fernández, L. C., Rojas Avelizapa, N., Roldán Carrillo, T., Ramírez Islas, M., Zegarra Martínez, H., & Uribe Hernández, R. (2016). Manual de tècnicas de analisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminantes. *4. Análisis físicos y químicos en suelo - Instituto Nacional de Ecología ...* Mexico. Obtenido de http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf.

Fernando, C., & Sebastia, F. (2015). Desarrollo de nuevos sustratos a base de compost y

biochar para la propagación y producción de Rosmarinus officinalis L. en vivero profesional, 2014–2015.

Gonzalez, J. (2016). Tipos de arena. *Tipos de arena.pdf*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/298075910/Tipos-de-arena-pdf.

Gourcy, F. R. (30 de 07 de 2015). Efecto de fertilizantes químicos en la calidad de los cultivos agrícolas. *Efecto de fertilizantes químicos en la calidad de los cultivos agrícolas*. Mexico. Obtenido de http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/efecto-de-fertilizantes-quimicos-en-la-calidad-de-los-cultivos-agricolas/.

Infoagro. (2017). Diccionario agricola. *Vivero. Definición y sinónimos . Qué es vivero, - Infoagro*. España: Copyright Infoagro Systems. Obtenido de http://www.infoagro.com/agrointernet/infoagro.asp.

Infoagro Systems. (1997). *Diccionario agricola.* Recuperado el 20 de 01 de 2018, de Vivero: http://www.infoagro.com/diccionario_agricola/traducir.asp.

J, L., J, G., & M, R. (2006). *Bio-char sequestration in terrestrial- a review*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global change.

Kauffman, N., Dumortier, J., Dermot, H., Brown, R., & Laird, D. (2014). The relationship between biochar and agricultural productivity. *Biomass and bioenergy, 63*, 167-176. Recuperado el 25 de 01 de 2018, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953414000592.

Lehmann, J. (2009). *Biochar for environmental management.* London: Earthscan.

Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management - International Biochar Initiative.* Londres: Routledge. Recuperado el 23 de 01 de 2018.

Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *BIOCHAR: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*. London: Routledge.

MacVean, A. L. (2007). Cedrela odorata. *Plantas Meliaceae - Arboretum | Universidad Francisco Marroquín*. Guatemala. Obtenido de https://arboretum.ufm.edu/familia-de-planta/meliaceae/.

McHenry. (2009). Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. Mexico: Ecosyst Environ.

Moralez Ortiz , E. R., & Herrera Tuz, L. G. (2009). CEDRO (Cedrela odorata L.) Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. *Comision Nacional Forestal* , 7.

Moreno Casco, J., & Moral Herrera, R. (2008). Compostaje. *Compostaje*. Madrid: Aedos,s.a.

Omil, B., Piñeiro, B., & Merino, A. (2007). *Trace elements in soils and plants in temperate forest plantations to single and multiple applications of mixed wood ash* (Vol. 381(1)). Science of the total environment.

Orbegozo, A. O. (2012). Efectos de la aplicación de biochar en el odelo jerárquico de agregacion de un selo forestal bajo conicions oceánicas. Barcelona. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2013/hdl_2072_210372/PFC_AnderOsesOrbegozo.pdf.

Olmo, M. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo , las características de la raíz y la producción vegetal Directores : Rafael Villar Montero y José Antonio Alburquerque, 156.

Oses, A. (2012). *Efectos de la aplicación de biochar en el odelo jerárquico de agregacion de un selo forestal bajo conicions oceánicas.* Barcelona. Recuperado el 24 de 01 de 2018, de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2013/hdl_2072_210372/PFC_AnderOsesOrbegozo.pdf.

Petraglia, C., & Cayssials, R. (c.a). El suelo como se conserva, como se construye. *El suelo*. Uruguay: Copyrighted material. Obtenido de http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/calculo-de-la-pendiente-media-del-cauce-principal-de-una-cuenca-hidrografica/.

Pinilla, A. (2014). *El biocarbón y su aplicación en suelos contaminados.* Recuperado el 12 de 01 de 2018, de R3 Environmental Technology.: http://www.r3environmental.com.co/es/noticias/71-el-biocarb%C3%B3n-y-su-aplicaci%C3%B3n-en-suelos-contaminados.html.

Pinilla., A. R. (2014). El biocarbón y su aplicación en suelos contaminados. *El biocarbón y su aplicación en suelos contaminados - r3* . Obtenido de http://www.r3environmental.com.co/es/noticias/71-el-biocarb%C3%B3n-y-su-aplicaci%C3%B3n-en-suelos-contaminados.html.

Prieto, M. (2013). Efecto del biocarbón sobre el crecimiento y producción de un cultivo de trigo en condiciones de campo. *Mater en producción, protección y mejora vegetal*. Córdoba: Universidad de Córdoba. Recuperado el 20 de 01 de 2018, de http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12795/Manuel%20Olmo%20Prieto.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Prieto, M. o. (2014). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la produccion vegetal. *Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la produccion vegetal*. Cordoba : Universidad de Córdoba.

Prieto, M. O. (2015). Efecto del biocarbón sobre el crecimiento y producción de un cultivo de trigo en condiciones de campo. *Efecto del biocarbón sobre el crecimiento y producción de un cultivo de trigo en condiciones de campo*. Córdoba. Obtenido de http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/12795.

Prieto, M. O. (11 de Enero de 2016). Efecto del Biochar en el suelo, las caracteristicas de la raiz y la produccion begetal. Còrdoba: Servicios de Publicaciones de la Univercidad de Còrdoba.

Qiu, H., Ge, T., Liu, J., Chen, X., Hu, Y., Wu, J., … Kuzyakov, Y. (2018). Effects of biotic and abiotic factors on soil organic matter mineralization: Experiments and structural modeling analysis. *European Journal of Soil Biology*, *84*(October 2016), 27–34. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.12.003.

Ramos Aguero , D., & Terry Alfonso, E. (2014). GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS. *Cultivos Tropicales*, 52-59.

Ramos, D., & Terry, A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales, 35*(4), 52-59. Recuperado el 23 de 01 de 2018, de http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf.

Ramos, F. (2015). *Efecto de fertilizantes químicos en la calidad de los cultivos agrícolas*. Recuperado el 23 de 01 de 2018, de http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/efecto-de-fertilizantes-quimicos-en-la-calidad-de-los-cultivos-agricolas/.

Ronsse, F., van Hecke, S., Dickinson, D., & Prins, W. (2013). Production and characterization of slow pyrolysis biochar: Influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *GCB Bioenergy*, *5*(2), 104–115. https://doi.org/10.1111/gcbb.12018.

Redacción el Tiempo. (2015). Los cinco árboles maderables con más riesgo de extinción. *El Tiempo*. Recuperado el 22 de 01 de 2018, de el tiempo: http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16195856.

Ronsse, F., Van hecke, S., Dickinson , D., & Prins, W. (2013). Production and characterization of slow pyrolysis biochar:influence of feedstock type and pyrolisis conditions. *Bionergy*, 12. Recuperado el 23 de 02 de 2018.

SAGARPA. (1998). Abonos orgánicos. *Secretaria de desarrollo rural*, 2-3.

Sanchez Santana, L. F., & Wong Parrales, D. C. (2010). *"IMPLEMENTACIÓN DE UN VIVERO FORESTAL Y*. La libertad- Ecuador.

Sánchez, L., & Wong, D. (2010). Implementación de un vivero forestal y ornamental en el campus de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena. *Tesis de grado Previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario*, 12. Santa Elena. Recuperado el 22 de 01 de 2018. de http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/920/1/S%C3%81NCHEZ%20SANTANA%20LUC%C3%8DA%20Y%20WONG%20PARRALES%20DIANA.pdf.

Scholz, S., Sembres, T., Roberts, K., Whitman, T., Kelpie, W., & Johannes, L. (2014). *Biochar Systems for Smallholders in Developing Countries : Leveraging Current Knowledge and Exploring Future Potential for Climate-Smart Agriculture*. Washington: The World Bank. Recuperado el 20 de 01 de 2018.

Scholz, S., Sembres, T., Roberts, K., Whitman, T., Kelpie, W., & Johannes, L. (2015). Biochar Systems for Smallholders in Developing Countries: Leveraging Current Knowledge and Exploring Future Potential for Climate-Smart Agriculture.

Serrada. (2000). apuntes de recopilacion ambiental. Madrid. Obtenido de http://www.pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/apuntes_de_repoblaciones_forestales.pdf.

Serrada, R. (2002). U.D de sivicultura y pasicultura. *VIVEROS: Introducción y cultivo a raíz desnuda - Educarm*. Obtenido de http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/el_vivero_forestal.pdf.

Song, D., Tang, J., Xi, X., Zhang, S., Liang, G., Zhou, W., & Wang, X. (2018). Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil. *European Journal of Soil Biology*, *84*(December 2017), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.11.003.

Trinidad Santos, A. (2000). *Abonos orgánicos.* Recuperado el 24 de 01 de 2018, de SAGARPA: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf

Vázquez, C., Orozco, A., Rojas, M., & Cervantes, V. (1997). *Los viveros*. Recuperado el 20 de 01 de 2018, de La ciencia para todos: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm

Vida/Ambiente. (05 de 08 de 2015). *El tiempo*. Obtenido de el tiempo: http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16195856

Villagómez, J. R. (2005). LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS GEOESPACIALES DEL ECUADOR. *CLIRSEN*, 12.

Villamagua, M., Valarezo, L., Valarezo, C., Tandazo, C., & Ramón, M. (2010). Efecto de granulometrías de biocarbon sobre las condiciones físicas del suelo y tensiones de humedad en el cultivo del tomate Solanum lycopersicum, bajo invernadero. Obtenido de http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-9-4/articulo_7_-_93_-_105.pdf

7. ANEXOS:

Anexo 1:



Residuos de la fábrica de cajones de madera.



Residuos de madera (secado al ambiente).



Residuos de madera encendidos para posteriormente colocar en la estufa.



Mezclado de los diferentes sustratos.



Enrazo la parte excedente.



Pesado de la muestra para poder determinar DA