



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

**Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos  
del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para  
cultivo de Acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), Arequipa 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL

**AUTOR:**

Macedo Quecaño, Laura Beatriz (ORCID: 0000-0003-1531-5569)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos

**LIMA – PERÚ**

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres Juana y Guillermo, que con todo su esfuerzo y amor me acompañan siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y mantenerme en el ser, a mis padres por su empuje y apoyo incondicional, al Padre José Vince IVE por toda su atención y a la Familia Religiosa del Verbo Encarnado.

A la UAP, por mis años de formación y a la UCV por darme la oportunidad de lograr el título.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>vii</b>
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. MÉTODO .....	23
<b>3.1 Tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Variables y operacionalización.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Procedimientos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Método de análisis de datos.....</b>	<b>32</b>
<b>3.7 Aspectos éticos.....</b>	<b>32</b>
IV. RESULTADOS .....	33
4.1. Características de los Residuos Orgánicos de Poda .....	34
4.2. Características del Biochar .....	34
4.3. Evaluación de porcentajes de Biochar en el crecimiento de acelga.....	35
4.4. Características Físico químicas del suelo con y sin el biochar .....	42
V. DISCUSIÓN .....	47
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de Pirolisis en función del Tiempo de Residencia, la Velocidad de Calentamiento y Temperatura y los Productos Obtenidos de Interés en c/u de ellos</i> .....	17
Tabla 2 <i>Procesos de Pirólisis y Distribución de los productos generados</i> .....	18
Tabla 3: Extracción de elementos para 11.2 kg/m <sup>2</sup> de acelga .....	22
Tabla 4: Operacionalización de la variable .....	26
Tabla 5: Disposición de las Unidades Experimentales (DCA) .....	31
Tabla 6: Cuadro de características de los Residuos de Poda .....	34
Tabla 7: Cuadro de características físico químicas del Biochar.....	34
Tabla 8: Evaluación de la longitud de hoja en la acelga en los tratamientos con Biochar .....	35
Tabla 9: ANOVA respecto a la longitud de la hoja del cultivo de Acelga .....	36
Tabla 10: Prueba de multirangos para la longitud de la hoja .....	37
Tabla 11: Evaluación del crecimiento del Tallo de acelga con diferentes tratamientos de Biochar .....	37
Tabla 12: ANOVA respecto al tamaño de tallo del cultivo de Acelga .....	39
Tabla 13: Prueba de multirangos para el tamaño del tallo.....	39
Tabla 14: Evaluación del número de hojas en la Acelga en los tratamientos de Biochar .....	40
Tabla 15: ANOVA respecto al número de hojas del cultivo de Acelga .....	41
Tabla 16: Prueba de multirangos respecto al número de hojas en el cultivo de Acelga .....	42
Tabla 17: Características físico químicas del suelo sin biochar.....	43
Tabla 18: Características físico químicas del suelo con biochar.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aspecto físico de un tipo de Biochar y su Microestructura Interna .....	14
Figura 2 Construcción de la tapa del Horno .....	28
Figura 3 Dimensionamiento del horno.....	29
Figura 4 Construcción del horno.....	29
Figura 5 Obtención de biochar .....	30
Figura 6 Aplicación de biochar en macetas de acelga .....	31
Figura 7 Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para la longitud de hoja.....	35
Figura 8 Longitud de hoja en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%) .	36
Figura 9 Tamaño de tallo en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%) ..	38
Figura 10 Tamaño de tallo de la acelga en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%) .....	38
Figura 11 Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para el número de hojas ...	40
Figura 12 Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para el número de hojas ...	41
Figura 13 Evaluación de nitrógeno en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4) .....	43
Figura 14 Evaluación de fósforo en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)	44
Figura 15 Evaluación de potasio en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)	44
Figura 16 Evaluación de pH en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)	45
Figura 17 Evaluación de C.E. en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)	45
Figura 18 Evaluación de M.O en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)	46

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
MINAM	Ministerio del ambiente
pH	Potencial de hidrógeno
C/N	Relación carbono-nitrógeno
M.O.	Materia Orgánica
NPK	Nitrógeno, fósforo y potasio
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
CE	Conductividad Eléctrica

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará en el cultivo de Acelga en la ciudad de Arequipa, siendo cuantitativa, diseño experimental puro. La metodología utilizada fue el proceso de pirólisis para transformar los residuos de poda en biochar y usarlo como tratamientos (0%, 5%, 15% y 20%) en la inclusión del suelo, se planteó bajo el diseño completamente al azar, siendo la maceta la unidad experimental donde se sembraron las acelgas. Se utilizó 122 kg de residuos de poda, principalmente troncos, obteniendo 27.41 kg de biochar, con rendimiento de 22.47%. Los resultados obtenidos muestran que existe diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos para los parámetros del crecimiento de acelga, la prueba de Fisher determinó que el tratamiento 2 (con inclusión de 5%) fue el mejor, todos los tratamientos presentan un pH alcalino ( $pH > 8$ ), sin variación en la CE (0.620 a 0.693 mS/cm) y se incrementa la M.O; sin embargo todos los tratamientos después de la cosecha presentaron mejor balance de propiedades físico químicas del suelo. Con este trabajo se mejoró el uso de los residuos de poda de los árboles de los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará y además se cultivó la acelga para la alimentación del Hogar de los Niños a cargo de las hermanas.

**Palabras Clave:** Biochar, acelga, suelo, pirólisis



## ABSTRACT

The objective of the present research work was to evaluate Biochar from pruning residues generated in the convents of the Servants of the Lord and the Virgin of Matará Institute in the cultivation of Chard in the city of Arequipa, being quantitative, pure experimental design. The methodology used was the pyrolysis process to transform the pruning waste into biochar and use it as treatments (0%, 5%, 15% and 20%) in the inclusion of the soil, it was proposed under the completely random design, being the pot the experimental unit where the chard was planted. 122 kg of pruning waste was used, mainly logs, obtaining 27.41 kg of biochar, with a yield of 22.47%. The results obtained show that there is a statistical difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments for the chard growth parameters, the Fisher test determined that treatment 2 (including 5%) was the best, all treatments have a pH alkaline ( $pH > 8$ ), without variation in the EC (0.620 to 0.693 mS / cm) and the OM increases; However, all treatments after harvest presented a better balance of physical and chemical properties of the soil. With this work, the use of pruning residues from the trees of the convents of the Servants of the Lord and the Virgin of Matará Institute was improved and chard was also cultivated to feed the children's home run by the sisters.

**Key Words:** Biochar, chard, soil, pyrolysis

# **I. INTRODUCCIÓN**

El biochar o biocarbón es el producto obtenido de la degradación y elevación de la temperatura de la materia orgánica con limitado suministro de oxígeno (pirólisis), siendo este usado para fines agrícolas, como mejorador del suelo, debido a su capacidad de retener agua o almacenar carbono; lo cual lo diferencia del carbón activado y del carbón usado como combustible (Escalante et al., 2016).

El biochar presenta grandes ventajas debido a que es considerado como una alternativa de energía limpia, ya que al obtenerlo genera emisiones bajas en dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno (Zhang et al., 2007).

En el Perú, la agricultura es una de las actividades económicas que más utiliza productos químicos, teniendo un impacto importante en el ambiente, utilizándolos en muchas ocasiones sin opinión profesional alterando el ecosistema de su entorno degradando cada vez más el recurso suelo (Castillo et al., 2020).

Por otro lado, la generación de residuos sólidos en el Perú genera una oportunidad para su aprovechamiento o reciclaje sabiendo que según Ministerio del medio ambiente (2015), el 58.75% son residuos orgánicos, el 18.60% residuos reciclables, el 14.28% residuos no reaprovechables, y el 8.37% son residuos peligrosos.

En la ciudad de Arequipa una de las muchas actividades que se desarrollan es la vida religiosa. En Arequipa existen 49 Institutos Religiosos de Vida Activa y Contemplativa femeninos y 18 Congregaciones Religiosas Masculinas. Dentro de los cuales se encuentra el “Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará”, de la Familia Religiosa del Verbo Encarnado, dentro de las actividades que realizan está la jardinería y agricultura, como parte del trabajo manual, pues el trabajo dignifica al hombre.

En la ciudad de Arequipa cuentan con cuatro conventos, uno destinado a la formación religiosa, un colegio para personas de bajos recursos económicos, un monasterio y un hogar para niños con capacidades diferentes. Las Áreas de jardinería y agricultura respectivas son las siguientes:

En las casas de formación 3,227.34 m<sup>2</sup>, en el monasterio de vida contemplativa 1,185.05 m<sup>2</sup>, en el hogarcito de niños con habilidades diferentes 2,539.39 m<sup>2</sup>, en el colegio 3,229.19 m<sup>2</sup> contando en total con 10,180.97 m<sup>2</sup> de área verde, zona de jardinería y terreno de cultivo. La presente investigación tiene como fin recuperar los residuos orgánicos con la producción de biochar para su uso en el cultivo de acelga, pues los residuos orgánicos generados por el trabajo de jardinería, dentro

del convento son muchos, se hace poda de las áreas verdes cada 15 días, llegando a recolectar 400 kg de residuos de poda sin compactar en promedio, lo que corresponde a 1.4 m<sup>3</sup> y generalmente se les da una disposición final inadecuada, ya sea la quema de estos residuos o el ser dispuestos como residuos sólidos domiciliarios. La presente investigación quiere dar una adecuada disposición final a estos residuos y con el biochar resultante, aumentar la fertilidad del suelo, para la producción de acelga, pues esta es de uso común en el hogar de los niños discapacitados, ya que en la dieta alimenticia de los niños que se encuentran postrados, la acelga es la base primordial de su alimentación por sus propiedades nutricionales.

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. 1278), indica que la finalidad de tal gestión es la prevención o minimización de residuos sólidos generados, y conviene y se opta por la recuperación, y valorización material y energética de los residuos, contando así con la reutilización, reciclaje, compostaje y entre otras alternativas también se encuentra el biochar (Trujillo et al., 2019).

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue: ¿Cómo elaborar Biochar a partir de los residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes: ¿Qué características deben tener los residuos de poda para la obtención de biochar?, ¿Cuáles son las características químicas del biochar para cultivo de Acelga?, ¿Cuál es el porcentaje óptimo de biochar para la producción de acelga?, ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del suelo antes y después de la aplicación del Biochar?

El objetivo general fue evaluar el Biochar elaborado a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga, Arequipa 2020. Los objetivos específicos fueron los siguientes: Determinar las características que deben tener los residuos de poda para la obtención del biochar. Determinar las características químicas del biochar para el cultivo de acelga. Determinar el porcentaje óptimo de biochar para la producción de acelga. Determinar las características fisicoquímicas del suelo cultivado y sin cultivar, antes y después de la aplicación del Biochar.

La hipótesis general de la investigación fue: El Biochar obtenido a partir de los residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará, mejora el cultivo de Acelga. Las hipótesis específicas fueron las siguientes: El volumen y peso de los residuos de poda son óptimos para la obtención de biochar. Las características químicas del biochar permiten el crecimiento en los cultivos de acelga. Existe diferencia en el crecimiento de acelga utilizando diferentes porcentajes de biochar. Las características fisicoquímicas del suelo antes y después de la aplicación del Biochar permiten identificar las diferencias en el crecimiento de la acelga.

La justificación de la presente investigación, en concordancia con el marco teórico, sustenta y sistematiza las teorías existentes sobre el objeto de estudio, es por eso que, la investigación permitió obtener conocimiento sobre el efecto del biochar elaborado a partir de residuos de poda sobre el cultivo de acelga, teniendo así un antecedente de investigación para futuras aplicaciones en otros cultivos, tal como el recomendado por la investigación realizada por De la cruz Carpio (2018).

La metodología empleada es asequible por el bajo costo de los materiales a usar, sin mencionar que los residuos obtenidos son de fácil acceso en el lugar de estudio, además, se utilizó un proceso metodológico ordenado y sistematizado para cumplir con los objetivos del estudio y aportar nuevo conocimiento sobre la aplicación de Biochar en cultivo de acelga en diferentes proporciones.

La producción de biochar se considera una tecnología limpia debido a que se basa en el uso de residuos orgánicos que permite su aplicación en la mejora de cultivos (Gallo-saravia et al., 2018). Es una tecnología con beneficios ambientales de bajo costo para ser aplicado con diferentes residuos de origen vegetal ayudando de esta manera a la reducción de estos, aumentando indirectamente el tiempo de vida de la disposición final.

La investigación tiene un bajo costo debido a que la materia prima para la producción del biochar son residuos de poda o jardinería, que generalmente no tienen una valoración importante así como una alternativa eco amigable para la reducción de productos químicos en los cultivos (Arevalo, 2018).

La investigación aplica una tecnología no dañina para el medio ambiente mediante el reaprovechamiento de residuos para la generación de un producto con alta propiedad para mejorar suelos y mejorar la calidad de cultivos como es el biochar.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo, se desarrollan los antecedentes de investigación en tres niveles: internacionales, nacionales y locales, detallando en cada uno de ellos el objetivo, metodología, resultados más relevantes y las conclusiones de las investigaciones realizadas. Así mismo, se desarrollan las teorías existentes sobre el biochar desde su conceptualización hasta la descripción detallada de las teorías relacionadas.

Haeldermans et al. (2020) durante la investigación se empleó doce diversos residuos de biomasa: de la limpieza al trigo, de la finalización del procesamiento de la remolacha azucarera, residuos de prensado de la vid, paja de trigo, corteza de abeto, chips de abeto, abeto de aserrín, heno, sacacorchos semillas de vid, paja de colza, draff de cervecero y desechos provenientes de la colza extraída; los cuales se han obtenido en la República Checa, puesto que estos residuos son empleados en la producción de vegetales, aceites, vinos, cervezas, azúcares, harinas y para el procesamiento de madera; además de un análisis de difracción de rayos X empleado únicamente en la identificación en la fase cristalina; al igual que el análisis termogravimétrico (TGA) el cual determino la pérdida del peso en la muestra mediante el aumento de la temperatura. Se realizaron diversos análisis a las muestras, tales como: la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), análisis de mercurio, carbono, nitrógeno, hidrógeno y azufre. Los resultados obtenidos de las doce distintas muestras demostraron que se pueden aplicar en la producción de biofertilizantes agrícolas, puesto que la cantidad de los principales nutrientes es considerable al momento que se transfieren al suelo. Además de recomendar en probar el positivo efecto de la adición del Biochar en las plantas o simultáneamente con la biodisponibilidad de los nutrientes que se pueden obtener mediante los métodos de extracción.

Kwoczynski & Čmelík (2021) estudiaron la utilización de residuos de biomasa mediante la conversión en biocarbón indicando que es una forma eficaz y respetuosa con el medio ambiente de tratar la biomasa. El biocarbón se produce a partir de biomasa mediante pirólisis a baja temperatura (torrefacción). La aplicación de biochar en la agricultura como suplemento del suelo ha sido un tema muy discutido recientemente. En el trabajo de investigación realizado por los autores caracterizaron doce residuos de biomasa diferentes generados en la República Checa con el fin de conocer su idoneidad para la producción de biocarbón.

Principalmente, estos desechos se generan en la producción de aceite vegetal, vino, cerveza, azúcar, harina y en el procesamiento de madera. En la investigación se determinaron los principales nutrientes contenidos y también los micronutrientes, al mismo tiempo que el contenido de elementos tóxicos que impiden el uso de biocarbón en la agricultura. La atención también se centró en el contenido de carbono ligado básicamente en compuestos orgánicos. Este contenido es significativo y deseable, porque la aplicación de biocarbón restaurará el depósito de carbono en el suelo. Durante la experimentación, los autores simularon el comportamiento de la biomasa durante el proceso de torrefacción mediante análisis termogravimétrico (TGA). Así mismo, realizaron un análisis de difracción de rayos X (XRD) para detectar cualquier fase cristalina distinta de la matriz de celulosa de jerga. Finalmente, de acuerdo a los resultados, determinaron que la muestra "Chatarra de colza extraída" se evaluó como un ejemplo de los materiales más adecuados para la producción de biocarbón debido a su alto contenido de nutrientes y su estabilidad térmica adecuada.

Zdenka Kwoczynski & Jirí Cmelik, (2020) realizaron una evaluación tecnoeconomica comparativa junto a un análisis de riesgo de Monte Carlo a gran escala de las plantas de producción de biocarbón mediante una pirólisis convencional (CPS) y a microondas (MWP). Para lo cual se empleó seis distintos residuos: Cáscaras de café, Densidad media tablero de fibra, Palm hojas de dátil, Mezcla de madera, Corteza de árbol y Granos de huesos de aceitunas. Ambas variables resultaron ser viables económicamente dado que los precios mínimos de venta se encontraban entre 436 € / ton y 863 € / ton en el caso de los CPS; y entre 564 € / ton y 979 € / ton para el MWP. La investigación demostró que al incrementar un 20% en el precio del biocarbón, al momento de obtener una mayor calidad de biocarbón mediante el MWP es más viable. Concluyendo que el precio dado al biocarbón se determina según las características de la misma planta de producción. En la revisión de Li et al. (2016) utilizaron la tecnología de microondas, el cual es un método alternativo para el calentamiento en la pirólisis de biomásas para obtener y producir biochar. La revisión realizada por los autores proporciona un análisis sobre pirólisis asistida por microondas (MWP) de biomasa y sus características de biocarbón, incluida la distribución del producto y el rendimiento de biochar, propiedades del biochar, absorbentes de microondas (MWA) y catalizadores



comúnmente utilizados en MWP, así como una comparación de biochar derivado de MWP y pirólisis convencional (CP). Se informó para MWP que el rendimiento de biochar más alto fue > 60% en peso y el área superficial máxima BET fue de aproximadamente 450-800 m<sup>2</sup> / g. Finalmente, concluyen que la optimización del rendimiento y la calidad del biocarbón depende de las propiedades de la materia prima, los tipos de reactores, los parámetros operativos, los MWA y los catalizadores agregados al sistema.

Abdel-Fattah et al. (2015) estudiaron el biocarbón generado a partir de la madera de pino mediante pirólisis lenta por su viabilidad como enmienda del suelo, así como por su capacidad de absorción de Mg, Ca, Cr y Pb en solución. Las mediciones de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mostraron que la muestra de biocarbón tiene una CIC de aproximadamente el doble que la muestra de suelo de referencia. Un valor alto de CIC indica que no solo se puede usar la muestra de biocarbón como agente de secuestro de carbono, sino también como una valiosa enmienda del suelo para aumentar la CIC natural del suelo. El biocarbón se caracterizó mediante análisis elemental, SEM, área de superficie BET, FTIR y XRF. Estos resultados mostraron que el biocarbón producido mediante pirólisis lenta posee varios atributos altamente beneficiosos. Los rasgos de adsorción de metales del biocarbón se estudiaron en presencia de varios parámetros de control como el pH, el tiempo de contacto, la dosis de adsorbente y las especies que interfieren. Los resultados confirmaron excelentes valores de capacidad de adsorción del biocarbón para Mg (II), Ca (II), Cr (VI) y Pb (II) al producir 440 (pH 7,0), 120 (pH 7,0), 680 (pH 1,0). y 520 (pH 6,0) mmol g<sup>-1</sup>, respectivamente. Finalmente, evaluaron las posibles aplicaciones del biocarbón para la eliminación de estos cuatro iones metálicos de muestras de aguas reales. Lee et al. (2013) indicaron que la aplicación de biocarbón de la pirólisis de biomasa al suelo está ganando mayor interés; esto puede mejorar la calidad del suelo, reducir el consumo de fertilizantes y secuestrar carbono. Este estudio compara las características del biocarbón producido por pirólisis lenta a 500 °C para residuos agrícolas: bagazo de caña de azúcar, turba de coco, paja de arroz, cáscara de palmiste (PKS) y árbol paraguas. En el rendimiento de biocarbón, la influencia del contenido inerte y de lignina fue significativa. El tronco de madera, el bagazo y la paja de arroz tuvieron rendimientos de biocarbón de 24-28% en peso de la fracción

orgánica, mientras que la turba de coco tuvo un 46% en peso. El contenido de carbono del biocarbón osciló entre el 84% en peso y el 89% en peso, lo que corresponde al 43-63% de carbono en la biomasa. El biocarbón de los tallos de madera y el bagazo tenía poros bien desarrollados de varios tamaños con grandes superficies. Finalmente, los autores concluyen que aunque el área superficial era significativa, el biocarbón PKS tenía una matriz densa con pocos poros grandes.

Liu et al. (2013) utilizaron la carbonización hidrotermal para mejorar la biomasa residual y aumentar su densidad energética a temperaturas que oscilan entre 150 y 375 °C y un tiempo de residencia de 30 min. Se caracterizaron los biochars producidos y se evaluaron sus calidades de combustible. Se encontró que los biochars eran apropiados para la combustión directa / co-combustión con carbones de bajo rango para la producción de calor. El análisis químico mostró que la biomasa pretratada tiene calidades de combustible mejoradas en comparación con la biomasa bruta, como una menor proporción de materia volátil, mayor contenido de carbono y menor contenido de cenizas. Los resultados obtenidos mostraron que la densidad energética del biocarbón aumentó con el incremento de la temperatura hidrotermal, con valores caloríficos más altos cercanos a los del lignito. La evolución de biomasa bajo carbonización hidrotermal, determinada por FT-IR y <sup>13</sup>C NMR, mostró que la mayoría de la hemicelulosa y celulosa se descomponían por debajo de 250 °C mientras que la degradación de la lignina solo ocurre a temperaturas más altas, encontrando una temperatura óptima de 250 °C para la carbonización hidrotermal de biomasa residual para la producción de biochars para la generación de calor. Finalmente, los autores concluyen que la carbonización hidrotermal redujo las diferencias en las calidades del combustible entre diferentes materias primas de biomasa., así como ofrecer un proceso de conversión prometedor para la producción de biocarbón de alta densidad energética que tiene aplicaciones potenciales en las calderas de carbón existentes sin modificaciones.

Por otro lado, en los antecedentes nacionales, De la Cruz Carpio, (2018) evaluó la eficiencia del Biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar el plomo presente en el suelo a nivel laboratorio. La investigación empleó los residuos de la poda del arbusto molle costeño (*Schinus terebinthifolius*) pertenecientes al Cementerio Presbítero Maestro del cercado de Lima. Su metodología estableció la

elaboración del Biochar a una temperatura de pirolisis de 500°C por un periodo de dos horas, controlando en todo momento el tiempo y la temperatura mediante un termómetro digital. Además, que para la determinación de las concentraciones de plomo se empleó una solución madre de cloruro de plomo, el cual se prosiguió a separar en cuatro soluciones con rangos de 10 ml a 80 ml, para finalmente mezclarlo con las muestras de suelo sin plomo denominadas como “Testigos suelo sin plomo”. En cada muestra se aplicó el 20% de Biochar, para que después de 20 días analizar la concentración de plomo en el suelo haciendo cinco repeticiones en cada una de ellas. Posteriormente se realizó análisis los parámetros de T°, pH, CE, materia orgánica y CIC para conocer la calidad del suelo; al igual que se llevó a cabo un análisis al Biochar. Los resultados del análisis del Biochar demostró que estaba compuesto por un 43.87% de carbono, 0.88% nitrógeno, 3.14% de cenizas y 41.05% de materia volátil. La investigación concluyó que la eficiencia del Biochar para reducir las concentraciones de plomo presentes en el suelo es de un 50.29% en el tratamiento realizado en el testigo 1, al cual se aplicó un 20% de biochar. Gutierrez Roncal (2020) hicieron un análisis sobre la problemática de la degradación del suelo debido a las malas prácticas agrícolas, revisando diferentes bases de datos como SCOPUS, Scielo entre otros, recopilando 26 artículos. Finalmente, los autores concluyen que la aplicación de biocarbón en suelo arcilloso presentó mejores resultados, esto debido a que el biochar tiene un efecto positivo en las propiedades del suelo, como pH, CIC, CE y Nitrógeno total.

Huerta (2019) estudió la problemática del uso excesivo de agroquímicos de la zona de Tuyu Ruri Bajo en el cultivo de papa, teniendo como objetivo en su investigación evaluar el efecto del biochar a partir de residuos orgánicos sobre el cultivo de papa. En la metodología experimental utilizaron 4 tratamientos de aplicación de biochar (0%, 5%, 10% y 15%) en parcelas experimentales. Los resultados obtenidos por el autor, manifestaron que residuos sólidos orgánicos suministraron nutrientes, elementos y características a dicha enmienda. Finalmente, se concluye que el biochar obtenido de los residuos orgánicos mejora el cultivo de la papa.

Guerra Laura, (2015) evaluó las propiedades fisicoquímicas del biochar obtenido de una pirolisis lenta; por lo cual trabajo con rangos de temperatura de entre 550 °C a 600 °C. La investigación utilizó residuos agroforestales como cacao (*Theobroma cacao*), palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y palmito de pijuayo

(*Bactris gasipaes*); así como residuos de cultivos tradicionales, como: Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y arroz (*Oryza sativa*) obtenidas en la amazonia peruana. Siguiendo los lineamientos de las normas internacionales de la ASTM, del TMECC del US Composting Council se realizó la caracterización de los residuos orgánicos. Concluyendo que los biochar elaborados por cáscara de sachá Inchi y de la corteza interna de palmito son los más adecuados para su aplicación en los suelos contaminados.

Olmo Prieto, (2016) realizó una investigación cuyo objetivo fue el de profundizar en el estudio de distintos mecanismos para la obtención de un biochar, por lo cual evaluó la respuesta en distintos rangos funcionales de la planta al momento de introducir el biochar. La investigación fue realizada tanto en condiciones controladas, puesto que se realizó en un cámara de cultivo e invernadero; así como en el campo. La materia prima para la elaboración del Biochar fue obtenido de la poda de olivo junto con la paja de trigo, bajo diversas dosis y especies agronómicas: algodón (*Gossypium herbaceum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), soja (*Glycine max* L.), tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) y trigo (*Triticum durum* L.). Los efectos obtenidos durante la investigación demostraron que las características de los Biochars elaborados presentaban un pH alcalino con un alto contenido de carbono, pero bajo contenido en nutrientes; por lo que la adición del Biochar redujo la densidad aparente y compactación del suelo, así como aumento la capacidad de retención hídrica. Por otro lado, se demostró que el Biochar tiene bastante influencia en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, puesto que incrementa la disponibilidad del P, K, Ca, Mg y Cu reduciendo la cantidad de N. Ahora bien, se demostró que el Biochar afecta en la morfología de la raíz, específicamente en la longitud de la misma y en la reducción del diámetro y densidad tisular.

En la investigación de Escalante, (2018) buscó optimizar en los suelos arenosos la regulación hídrica para lo cual utilizó diferentes tratamientos de biochar 1%, 2% y 5% con 6 repeticiones cada tratamiento. En la metodología que empleó se basó en fases, siendo la primera fase de adaptación en el laboratorio de la plantación determinando la frecuencia de riego. La segunda fase consistió en el traslado de las plantaciones al parque. Concluyendo que el biochar de 5% es más efectivo.

En la investigación de Sacravilca Casanova (2019) tuvo como objetivo evaluar el efecto del pH en los procesos de adsorción y desorción de plomo aplicando Biochar, obtenido a partir de residuos de poda. Se evaluó en 5 pH diferentes (3, 4,5,6 y 8) obteniendo una remoción promedio de 73,78%, 69,55%, 69,74% 67,93% y 66,01%, respectivamente. Concluyendo que el pH afecta al proceso de adsorción y desorción de metales pesados como el plomo.

En la investigación de Ríos Tello (2018) tuvo como objetivo la reducción de plomo de suelos contaminados con metales pesados. En su metodología determinó la concentración de plomo que fue de 391.0 mg/kg. Se obtuvo biochar de diferentes fuentes (*Mespilus germanica* L. (níspero) y *Mangifera indica* L. (mango)), a base de la poda de árboles frutales, mediante un proceso de pirólisis. Los resultados obtenidos indican que al agregar a 1kg de suelo contaminado en diferentes proporciones de 5%, 10% y 20% de ambos tipos de biochar, la evaluación se hizo en un tiempo de 30 y 60 días. Los resultados óptimos que se obtuvieron fue con 10% de biochar de *Mangifera indica* L. adsorbiendo 358.14 ppm en los 60 días de tratamiento y conteniendo 32.86 ppm de plomo.

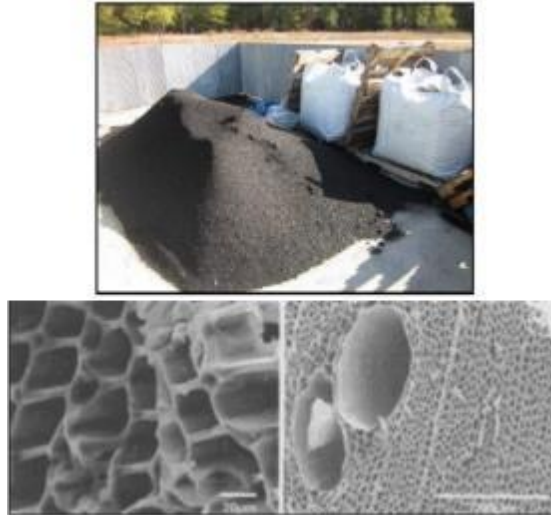
En cuanto, los antecedentes locales, Cárdenas Vidal & Tejada Marín, (2019) realizaron una investigación cuya finalidad fue determinar una alternativa de valorización de los residuos sólidos orgánicos municipales generados por la actividad de poda en el distrito de Selva Alegre. Motivo por el cual se determinó que la generación total de poda en un es de 26.17 ton/mes siendo equivalente a 314.05 ton/año, dado que se identificaron un total de 109 fuentes de generación. Paralelamente a la determinación de la cantidad de poda generada, se empleó el método de Conesa simplificado para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que genera la poda de las áreas verdes. Seguidamente se evaluó 4 distintas alternativas de valorización: Biogás, Pellets, Biochar y Compostaje; haciendo uso de la matriz de Pugh, la cual determino que la mejor alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos es el Compostaje. Es por ello que la investigación termino proponiendo un plan de valorización de los residuos sólidos orgánicos, el cual se encontró principalmente elaborado por la fabricación de compostaje; planteando la creación de una planta de compostaje que permita un mejor reaprovechamiento de los residuos de poda.

De las teorías existentes sobre el biochar, se conoce que dicho material es elaborado por diversos residuos vegetales u otro origen orgánico, dándole la denominación de biocarbón (Sacravilca Casanova, 2019). Ahora bien, hablando desde el punto de vista de producción el Biochar es considerado como un carbón vegetal estable y altamente poroso, el cual se obtiene mediante una descomposición térmica de la materia orgánica en un espacio con oxígeno limitado y temperaturas mayores a los 700°C. (Lehmann & Joseph, 2009). Mientras que desde el punto de vista químico es dificultoso de precisar dado que por sus diversos orígenes y grandes variedades de condiciones, tales como: los cambios de temperatura durante el proceso del pirólisis, la velocidad de reacción, entre otras; las cuales le otorgan características químicas particulares en la elaboración del mismo. (Guerra Laura, 2015).

Los Beneficios del uso del Biochar ayuda en la mejora de la calidad de los suelos, puesto que al transformar los residuos orgánicos nutren a los suelos con contenido de carbono haciéndolos más fértiles. Por otra parte, el Biochar también cuenta con los siguientes beneficios como la reducción de la cantidad de lixiviados de nitrógeno hacia la napa freática, hace posible la reducción de óxido nitroso, acrecienta el potencial de intercambio catiónico mejorando la fertilidad del suelo, aplaca el contenido ácido del suelo, aumenta la retención del agua, acrecienta los microorganismos provechosos para el suelo.

Según en la investigación realizada por Biederman & Stanley Harpole, (2013) el uso del biocarbón a la tierra ayuda a la mitigación del calentamiento global puesto que el suelo retendría el carbono por la porosidad y las partículas características del biocarbón.

En la figura 1 se muestra la microestructura del biochar, el cual presenta una elevada porosidad lo que le da propiedades adsorbentes importantes cuando se utilizar para la remoción de metales.



**Figura 1** Aspecto físico de un tipo de Biochar y su Microestructura Interna

Fuente: "Evaluación de Efectos de Varios Tipos de Biochar en Suelo y Planta" (Paco Abenza, 2012)

Las aplicaciones del Biochar va de la mano con los beneficios ya antes mencionados, tales como lo que menciona Cueto García (2016), el biochar como enmienda orgánica, dado que en la actualidad la pérdida de la cobertura vegetal se ha ido incrementado en varias zonas de los países, la adición de los residuos orgánicos se ha empezado a tomar mayor énfasis, por lo cual se realiza de manera continua para una mineralización rápida.

Ahora bien, en el estudio realizado por Glaser, Lehmann, & Zech, (2002) comprobó que la capacidad de retención del agua del suelo incrementó siendo inicialmente de 18% y esto gracias a la aplicación del Biochar, así como tener un acrecentamiento significativo en la germinación de las semillas, crecimiento de las plantas y beneficio de las cosechas.

La problemática que ha ido teniendo un mayor efecto en la calidad del clima terrestre y de los seres vivos en general, siendo agudizado por la acción industrial humana, la cual ha ido generando un incremento en los gases de efecto invernadero, como lo son: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O. Es por ello que la combinación del proceso del pirólisis de biomasa con la aplicación del Biochar en los suelos se han considerada como una tecnología carbono negativa, en comparación a distintas técnicas bioenergéticas como lo es una combustión completa de biomasa que son consideradas como carbono-neutrales, puesto que al momento de un proceso de pirolisis de la biomasa entre un 20% a 50% del carbono inicial

se queda fijado en la producción del Biochar. De forma natural, los microorganismos de la biomasa que llegan al suelo empiezan descomponiendo la materia orgánica liberando el CO<sub>2</sub> junto con otros gases de efecto invernadero. Ahora bien, la elaboración y usanza del Biochar tiene efecto en el ciclo del carbono, puesto que retira una parte de la biomasa para uso energético transformándolo en el suelo como parte de un almacén de elementos.

La aplicación del Biochar en el suelo puede llegar a reducir hasta en un 12% las emisiones anuales de C – CO<sub>2</sub> equivalente. Según Paco Abenza (2012) el uso del Biochar ayuda a mitigar hasta 4 veces superior a la biomasa que se pueda quedar con fines energéticos.

El potencial del metano es de 21, siendo que cuando se emite una tonelada de metano es igual a cuando se absorbe 21 toneladas de CO<sub>2</sub>. Por otra parte, el metano se emite de manera natural en un 80% desde la biosfera debido a la descomposición anaeróbica bacteriana, así como de la misma vida animal.

La emisión de N<sub>2</sub>O desde el suelo se produce de manera natural mediante rutas metabólicas bacterianas de la nitrificación y desnitrificación, siendo un equivalente a un 65% de las emisiones de este gas a la atmósfera.

Ahora con relación a la aplicación de fertilizantes nitrogenados se supone un *input* de nitrógeno en el suelo, lo cual ha incrementado las emisiones de N<sub>2</sub>O a la atmósfera. Caso contrario sucede con la aplicación y producción del Biochar en el suelo reduciendo las emisiones de N<sub>2</sub>O, esto sucede por la estabilidad de la biomasa pirolizada previamente.

Las fuentes para la producción de Biochar, considerado como una fuente renovable, puede estar compuesta por cualquier tipo de biomasa, yendo de los residuos agrícolas, forestales y de granja hasta los residuos del tipo doméstico e industriales. Aunque, ahora bien, los primeros suelen ser aprovechados en la obtención de abonos orgánicos e inclusive de biocombustibles (Guerra Laura, 2015).

La mayoría de las investigaciones, para la obtención de Biochar, se ha centrado en el proceso de pirolisis, aunque algunos pocos emplean el proceso de gasificación. (Guerra Laura, 2015).



Es por ello que la pirólisis es la descomposición termoquímica en donde la materia orgánica se transforma dos subproductos: un sólido rico de carbono y en un material volátil; puesto que la pirolisis se realiza en un espacio controlado y con ausencia de oxígeno controlado en todo momento.

Ahora bien, el sólido obtenido durante el proceso de la pirolisis, también conocido como Biochar, contiene una gran cantidad de carbono e incluso la mitad del carbono de la materia orgánica original. Por otro lado, el material volátil obtenido, es parcialmente condensado para obtener una fracción líquida el cual es conocido como bio-oil, dando así otro subproducto, el cual es una fracción de gases no condensables llamados syngas. Todos estos subproductos pueden ser aprovechados como una fuente de energía.

Así mismo existen tipos de procesos de pirolisis; uno de ellos es conocido como pirolisis lenta, el cual es el más empleado y como su mismo nombre lo dice se caracteriza por trabajar con velocidades de calentamiento lento, además que se lleva a cabo durante un largo tiempo de residencia sólida y de vapor. La pirólisis se lleva a cabo en diferentes temperaturas (Tabla 1), en su mayoría una pirolisis lenta se realiza en temperaturas de 400°C, lo que sirve bastante para la producción de un adecuado Biochar, el cual genera un subproducto líquido y otro gaseoso que no son necesariamente recuperados.

El otro proceso de pirolisis es denominado como pirolisis rápida, el cual es empleado específicamente para la producción de energía; este tipo de proceso se realiza bajo elevadas temperaturas, pero a cortos tiempos de residencia de vapor. Ahora bien, para el funcionamiento de este proceso se necesita un tipo de material preparado para su alimentación, los cuales se encuentran en partículas pequeñas para que sea eliminado rápidamente. Su producción se lleva a cabo a partir de los 500°C con lo cual se obtiene un gran rendimiento de bio-aceite o bio-oil (Guerra Laura, 2015).

Tabla 1 *Tipos de Pirolisis en función del Tiempo de Residencia, la Velocidad de Calentamiento y Temperatura y los Productos Obtenidos de Interés en c/u de ellos*

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo de Residencia</b>	<b>Velocidad de Calentamiento</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Productos</b>
Carbonización Convencional	Días	Muy lenta	400	Biochar
Rápida	5-30 min	Lenta	600	Gas, líquido y Biochar
Flash (Líquidos)	0.5-5 seg.	Muy rápida	650	Bioaceites
Flash (Gas)	< 1 seg.	Rápida	< 650	Bioaceites
Ultrarrápida	< 1 seg.	Rápida	< 650	Químicos y gas
Vacío	< 0.5 seg.	Muy Rápida	1000	Químicos y gas
Hidro pirolisis	2 - 30 seg.	Media	400	Bioaceites
Metano pirolisis	< 10 seg.	Rápida	< 500	Bioaceites
	< 10 seg.	Rápida	> 700	Químicos

Fuente: "Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems" (Balat, Balat, Kirtay, & Balat, 2009)

Con relación al proceso de pirólisis, las propiedades del Biocarbón son afectados por distintos factores, entre los que se destacan: (Cueto García, 2016). Cuando empieza el incremento de la temperatura en la etapa final del pirólisis empieza una mengua en la fracción sólida y un aumento en la fracción gaseosa, lo cual se ha visto reflejado en diversos estudios.

Con relación a la fracción líquida se ve un incremento ligero cuando la temperatura aumenta de 450 °C a 650 °C permaneciendo de forma constante por encima de los 650 °C. Así mismo, cuando se elabora un Biochar a temperaturas de entre 300 °C a 400 °C son ácidos, mientras que los producidos

mediante altas temperaturas iguales o mayores a los 700 °C son alcalinos (Tabla 2). De la misma forma, las concentraciones de N empiezan a disminuir con la temperatura del pirólisis, mientras que las concentraciones de micronutrientes: Ca, Fe, Mg, S, Cu y Zn; se van acrecentando por el incremento de la temperatura por la pirolisis. Contar con una estabilidad en el Biochar es importante ya que define la fijación del carbono, aunque hasta el momento no se ha definido exactamente qué cantidad del Biochar se encuentra de forma permanente en el suelo y que parte se va a la atmósfera a corto y mediano plazo. Según la investigación de Mašek et al. (2013) demostró que la estabilidad del Biochar se va dando con el aumento de la temperatura en el proceso de pirólisis.

Tabla 2 *Procesos de Pirólisis y Distribución de los productos generados*

Procesos	Temperatura (°C)	Tiempo de Residencia	Rendimiento Medio de los Productos		
			Líquido (Bioaceite) (%)	Sólido (Biochar) (%)	Gaseoso (Syngas) (%)
Pirólisis Lenta	300 - 800	Largo (5-30 min)	30	35	35
Pirólisis Intermedia	~500	Moderado (10-20s)	50	25	25
Pirólisis Rápida	~1000	Corto (<2s)	75	12	13

Fuente: "Potencial de Producción de Biochar en España a Partir de Residuos de la Industria Papelera, de lodos de E.D.A.R, de residuos Sólidos Urbanos y de Residuos Ganaderos: Estudio de la Fijación de Carbono" (Cueto García, 2016)

La caracterización del Biochar, al igual que es importante la elección de la materia prima, las técnicas de producción y las condiciones de la misma, es indispensable la identificación y delimitación de las características de las pruebas analíticas o análisis básicos y así poder comparar los resultados.

Por lo general se suelen caracterizar los lineamientos de los métodos establecidos junto a los demás materiales para la caracterización del Biochar. (Guerra Laura, 2015)

La humedad del Biochar es estimada como la cantidad de masa de agua perdido durante el proceso de pirolisis, en la etapa de secado de muestra, asumiendo que a temperaturas de 105°C se convierte en un material volátil (Guerra Laura, 2015). Ahora bien, según la investigación de McLaughlin, Anderson, Shields, & Reed, (2009) indica que además del vapor del agua también se pueden despedir solventes orgánicos mediante un punto de ebullición bajo como es el metanol y el ácido acético. Según los estudios realizados, se ha demostrado que el Biochar es un material higroscópico, dado que tiene un gran nivel de adsorción. Por otra parte, McLaughlin, Anderson, Shields, & Reed, (2009) indica que a 105 °C se remueve el agua del Biochar, pero mientras que se va aumentando la temperatura hasta los 200 °C el agua puede ser adsorbida. Además, que también hace mención que cuando se encuentre a temperaturas de 105 °C algunos Biochar pueden carbonizarse, generando sustancias volátiles e incluso humo; lo cual se convierte como un indicador de que el Biochar no se encuentra totalmente carbonizado.

Respecto al contenido de ceniza, siendo parte de la fracción no orgánica del Biochar, cuando se encuentra libre de humedad, puesto que la cantidad de ceniza junto a la composición de la misma influye en cierto grado a las propiedades que se desea obtener en el Biochar.

Las cenizas obtenidas en el Biochar sirven como un indicador de la concentración de nutrientes, además de contar con ciertos minerales tales como: “silicio (Si), calcio (Ca), potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg), cantidades mínimas de azufre (S), fósforo (P), hierro (Fe), manganeso (Mn) e inclusive el aluminio (Al).

Son estos minerales los que se encuentran en forma de “óxidos, silicatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y fosfatos” en el Biochar. (Guerra Laura, 2015).

El carbono fijo, según Mc Laughlin, Anderson, Shields, & Reed, (2009) indicó que la porción del carbono fijo del análisis próximo del Biochar no es realmente un carbón puro, dado que puesto que no todo es ceniza y no todo se llega a volatilizar a temperaturas de 950 °C; diciendo que lo más indicado es denominarlo como

Materia Residente, lo cual abarcaría al término de Carbono Residente como al Hidrógeno y Oxígeno Residente.

La composición varía según el tipo de materia prima usada durante su elaboración, siendo su principal compuesto el carbono orgánico recalcitrante; aunque también se encuentra compuesto por diversos elementos, tales como: oxígeno (O), hidrógeno (H), azufre (S), cationes básicos, metales pesados y compuestos orgánicos.

Al mismo tiempo su composición dependerá por las condiciones de la pirolisis al momento de su elaboración; dado que al momento de hacer una pirolisis rápida o lenta macronutrientes como el nitrógeno se van perdiendo por las elevadas temperaturas a las cuales están expuestas.

En varias investigaciones las muestras del Biochar han presentado niveles bajos de nitrógeno, lo cual se ha atribuido como amoníaco u óxidos de nitrógeno durante el proceso de carbonización.

Con relación a los metales pesados y los elementos traza, se encuentran concentrados puesto que son fácilmente absorbidos y translocados por las plantas (Guerra Laura, 2015).

Los residuos de poda son aquellos que provienen de residuos vegetales (hojas, ramas, pasto) que se generan durante el mantenimiento de áreas verdes (parques, espacios públicos, jardines).

Dichos residuos poseen un contenido de agua variables y paredes celulares rígidas. Estas paredes celulares están compuestas por polisacáridos generalmente siendo celulosa, hemicelulosa y compuestos pécticos.

Por ejemplo, la celulosa es el carbohidrato más abundante debido a que corresponde al 50% o más del total de átomos de carbono en las plantas.

En las últimas etapas de desarrollo, las paredes celulares poseen grandes proporciones de lignina, que brinda la rigidez. En los órganos aéreos las paredes celulares se encuentran recubiertas de ceras, cutina y suberina. Estas últimas impiden la deshidratación al ser impermeable al agua.

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*.) tuvo su origen en la región del Mediterráneo, que es el centro de la mayor diversidad de especies del género *Beta* (Touzet et al.,

2018) donde el género se expande por esta región desde las Islas Canarias, Italia, Grecia y llegando hasta Turquía; ya en el siglo IV a.c. Aristóteles lo menciona en sus escritos (Mamani, 2015; Delgado,2016 y Romero, 2018).

Su importancia radica en su fácil cultivo con alto valor nutricional (Pérez, 2015) ya que contiene grandes cantidades de vitamina A, lo cual ayuda en la visión y la piel; contiene altas concentraciones magnesio, calcio, potasio, fierro y fibra, con un sabor variado entre agradable a amargo (Nuñez, 2016 y Mzoughi et al., 2019). También es usado en la medicina como hipoglucémico, antiinflamatorio, hierba homeostática, actividad hepatoprotectora e hipolipídica (Adrianzen, 2018 y Hashem et al, 2015).

La acelga es un planta bianual de ciclo largo que no forma raíz o fruto comestible (Adrianzen 2017 y Delgado 2016). En el primer año de vida es cuando se deben de recogerse las hojas que están en forma de roseta alrededor del tallo, en el segundo año al iniciar la floración las hojas son de sabor amargo y la raíz empieza a engrosar (Mamani, 2015).

La raíz es profunda y fibrosa, siendo napiforme, larga y de color blanco amarillento con un tallo poco desarrollado al inicio, pero cuando inicia la floración este se desarrolla y puede crecer hasta 1.50 m. (Mamani, 2015). La parte comestible son las hojas siendo estas grandes y de forma oval o acorazonada; tiene un pecíolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo; el color varía según la variedad siendo entre verde oscuro fuerte y verde claro.

La acelga es muy adaptable a una gran variedad de suelos, incluso a los salinos, pero los suelos ácidos no le favorecen; prefiere los suelos alcalinos, su rango de pH es de 5.5 a 8 en caso de la textura de suelo no cuenta con restricciones (Mamani (2015); Nuñez, 2016), según Valadez (2003) indica que la extracción de nutrientes se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Extracción de elementos para 11.2 kg/m<sup>2</sup> de acelga

Elemento	Unidades	Valor por 100 g.
Agua	g	92,65
Energía	Kcal	20
Proteínas	g	1,88
Lípidos totales (grasas)	g	0,08
Carbohidratos	g	4,13
Fibra	g	2,1
Azúcares	g	1,1
<b>Minerales</b>		
Calcio	mg	58
Fierro	mg	2,26
Magnesio	mg	86
Fósforo	mg	33
Potasio	mg	549
Sodio	mg	179
Zinc	mg	0,33

Fuente: Extraído de USDA (2017)

### **III. MÉTODO**



### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, que según Marín Villada (2008) busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren para la solución de problemas reales. La presente investigación busca aplicar una tecnología amigable como es el Biochar, el cual es obtenido de residuos orgánicos de poda, los cuales no tienen una valoración, para su uso en el cultivo de acelga, debido a sus propiedades fisicoquímicas que mejoran la calidad del suelo.

De acuerdo al enfoque de investigación, es cuantitativa, que de acuerdo a la definición de Hernández, Fernández y Baptista (2014) esta acopia datos de naturaleza cuantitativa y se sostiene en la estadística; además, “los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener presente que las decisiones críticas sobre el método se toman antes de recolectar los datos” (p. 6).

El diseño de investigación es experimental puro con posprueba únicamente y grupo de control (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) debido a que el presente diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia.

### **3.2 Variables y operacionalización**

Las variables que se consideran en la presente investigación son 2, la primera, es el Biochar como variable independiente de naturaleza cuantitativa y la segunda, el Cultivo de Acelga como variable dependiente de naturaleza cuantitativa.

En cuanto a la operacionalización de la variable se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 4: Operacionalización de la variable.

		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de medición
Variable Independiente	Biochar	El biochar o biocarbón es el producto obtenido de la descomposición térmica de materia orgánica con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), siendo este usado para fines agrícolas, como mejorador del suelo, debido a su capacidad de retener agua o almacenar carbono.	El Biochar se pudo elaborar en un reactor de 200 lts. de volumen, donde entró 122 kg. de restos de poda de Eucalipto, se realizó la pirólisis durante dos horas, y luego dejamos enfriar, tapando todos los agujeros con barro, por dos horas más, obtuvimos 27.41 kg. De Biochar	Características de los R.O. de jardinería	Volumen	m <sup>3</sup>	Razón
					Peso	kg.	
				Características del Biochar	Ph	01 al 14	
					Relación C/N	%	
					Capacidad de Intercambio Catiónico.	meq/g	
					Densidad	g/lt	
				Características físico-químicas del suelo, con y sin el Biochar	pH	01 al 14	
					Conductividad Eléctrica	mS/cm	
					Materia Orgánica	%	
					NPK	%	
Capacidad de Intercambio Catiónico.	meq/g						
Variable Dependiente	Cultivo de acelga	Pertenece a la familia de las Quenopodiáceas, las acelgas ( <i>Beta vulgaris</i> var. <i>Cicla</i> ), son plantas de hojas verdes ricas en vitaminas, sales minerales y fibra.	Las acelgas se plantaron en doce macetas, cuatro distintos tratamientos y tres repeticiones de cada tratamiento, se cultivaron en macetas de 2 litros de manera aleatoria, todas las macetas estuvieron expuestas al mismo sol, viento, agua.	Crecimiento de la acelga	Longitud de la hoja	cm.	Razón
					Longitud del tallo	cm.	
					Número de hojas por plantón	#	
				Calidad de la acelga	Peso	g.	
					Color	verde brillante	

Fuente: Elaboración Propia

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población de estudio de la investigación para la elaboración de Biochar son los residuos poda producidos en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará, siendo estos en volumen quincenal unos 1.4 m<sup>3</sup>, correspondiente a 400 kg. de residuos aproximadamente.

#### **Muestra**

La muestra de estudio de la investigación son los residuos orgánicos de jardinería producidos en Convento del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará como leñas, ramas y madera seca. Con similar tamaño y características físicas similares, acumulando para la producción de biochar 122 kg.

#### **Muestreo**

La técnica de muestreo para la elaboración del biochar fue el muestreo probabilístico del tipo Muestreo aleatorio simple, debido a que todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos para la experimentación. Fue de acuerdo a la cantidad que ocupaban los residuos de poda en el reactor.

#### **Unidad de Análisis**

La unidad de análisis es el suelo que soporta las plantaciones de Acelga que fueron sometidas a diversas proporciones de biochar elaborado con residuos de jardinería.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada en el trabajo de investigación es la observación, pues la investigación es experimental, ya que el investigador tiene la capacidad de manejar las variables en los diversos tratamientos.

El instrumento que se utilizó en la recolección de datos, son las ficha de observación (Anexo 2) que a través del llenado de datos se recolectó y registró los cambios que

se dan por el manejo de las variables para los tratamientos ya mencionados, también se utilizó la Hoja de Cálculo de Excel, Cámara fotográfica y Cuaderno de campo. Por lo tanto, los cambios se mostrarán mediante los cambios fisiológicos de las plantaciones de Acelga.

### 3.5 Procedimientos

a) Obtención de los residuos de jardinería

Se fue juntando troncos de árboles secos, residuos de la poda mensual de los jardines, que más o menos tuvieran el mismo tamaño, luego se procedió con el corte de dichos residuos para que puedan entrar ordenadamente en el reactor utilizado para hacer el biochar. El peso de lo recolectado se fue anotando en un cuaderno de campo.

b) Construcción del reactor para la producción de Biochar

Para la construcción del reactor, se utilizaron 2 cilindros de aceite con un volumen de 55 galones o 208 litros. Uno para que funcione de cuerpo del reactor y el otro para la tapa.

En la base del primer cilindro se perforó con broca de 10 mm unos 300 agujeros, Se cortó un círculo en la parte superior del barril, dejando un borde de 5 cm. al rededor del borde.



**Figura 2 Construcción de la tapa del Horno**

El segundo cilindro se cortó a 25 cm. de la parte superior para que funcione como tapa o corona del reactor, y el resto se usó como chimenea, enrollando la pieza rectangular que sobró y se soldaron y empernaron la costura.



**Figura 3 Dimensionamiento del horno**

Se cortaron aberturas triangulares superiores e inferiores colocados de manera uniforme alrededor del cuerpo del barril, fueron cuatro respiraderos superiores de 15 x 20 cm y cuatro respiraderos inferiores de 10 x 13 cm. También se cortó en el centro unas pestañas para que puedan ser empernadas con la chimenea, se hizo un corte de 20 cm.



**Figura 4 Construcción del horno**

c) Quema de la Biomasa para la obtención del Biochar

Después de cortada la madera y la leña seca de Eucalipto se procedió a llenado del reactor de biochar. Dejando espacio para que se pueda dar de mejor manera la pirolisis.

Por dos horas se hizo la quema de la leña, luego se dejó enfriar dos horas más, y finalmente se obtuvieron los resultados deseados.



**Figura 5 Obtención de biochar**

d) Tratamientos

Se utilizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Se utilizaron diferentes proporciones de biochar para evaluar su efecto en las

plantaciones de acelga, el Diseño fue Completamente al Azar y tal disposición se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5: Disposición de las Unidades Experimentales (DCA)

TRATAMIENTOS			
T2	T2	T4	T3
T1	T4	T3	T2
T4	T1	T1	T3

Fuente: Elaboración Propia

T1 = 0% de Biochar en el suelo

T2 = 5% de Biochar en el suelo

T3 = 10% de Biochar en el suelo

T4 = 20% de Biochar en el suelo

#### e) Cultivo de Acelga

Para el cultivo de acelga se utilizaron 12 macetas de 2 litros de volumen, con el espacio suficiente para dar espacio al crecimiento de las raíces de la acelga.

Se procedió al triturado del biochar para poder mezclarlo con la tierra en distintas proporciones, para los diversos tratamientos que se dio al suelo para el cultivo de la acelga.

Después de preparar la tierra con biochar a los distintos porcentajes, se sembró la acelga en plantón en las 12 macetas.



Figura 6 Aplicación de biochar en macetas de acelga

### **3.6 Método de análisis de datos**

Este proyecto de tesis se planteó bajo el Diseño Completamente al Azar, se tuvieron 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, y las unidades experimentales fueron los 2.4 kg. de tierra dispuestas en macetas de 2 lt. de capacidad cada una y se distribuyó como se muestra en la Tabla N°5.

Para los análisis estadísticos se utilizó el software Excel y el programa Statgraphics para la presentación de gráficos y tablas.

La técnica estadística que se usó fue el Análisis de varianza (ANOVA): Según Hernández et al (2014), prueba estadística para observar si dos muestras difieren significativamente entre sí en cuanto. El nivel de medición de la variable independiente es categoría y la dependiente por intervalo o razón.

### **3.7 Aspectos éticos**

Los aspectos éticos en esta investigación titulada “Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), Arequipa 2020”, es que la información que ha derivado de la realización de la presente investigación es auténtica.

El presente trabajo de investigación fue realizado con información verídica y fidedigna procedente de artículos científicos y tesis. Cabe resaltar que toda la información que ha sido presentada en la investigación fue realizada con fuentes verdaderas, respetando los derechos de autor y citadas cuidadosamente.

La tesis se desarrolló respetando el medio ambiente, debido a que se utilizaron residuos de poda, no haciendo uso de recursos naturales, debido a que el biochar es un producto ecológico con propiedades importantes para el mejoramiento de suelos de diferentes cultivos.

Así mismo, la acelga obtenida podrá ser utilizada para la alimentación de las personas del convento teniendo un impacto social positivo.



## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Características de los Residuos Orgánicos de Poda

Las características físicas obtenidas de los Residuos Orgánicos de poda que se usaron para la elaboración del Biochar, se presentan en la Tabla 6:

Tabla 6: Cuadro de características de los Residuos de Poda

	Volumen	Peso	% Rendimiento
	m <sup>3</sup>	Kg.	
Residuos de Poda usados	0.2	122.00	22.47
Residuos de Poda recolectados	1.4	400.00	
Biochar obtenido	-	27.41	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6 se observó que de los 400 kg. recolectados, sólo se usaron 122 kg. para la elaboración del Biochar, la elección de la muestra fue aleatoria, pues el total de los residuos de poda recolectados correspondían a troncos de eucalipto secos. Los 122 kg. se escogieron de acuerdo a la capacidad de volumen en el reactor. Al final del proceso de pirólisis se obtuvo 27.41 kg de biochar, teniendo como eficiencia en el proceso de 22.47%.

#### 4.2. Características del Biochar

Las características físico químicas del Biochar obtenido a partir de residuos de poda se presentan en la tabla 7.

Tabla 7: Cuadro de características físico químicas del Biochar

	pH	C/N	CIC	Densidad
	01 al 14		meq/100g	g/ml
BIOCHAR	10	66.72	1.80	0.527

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7, se observa que el biochar obtenido tiene características básicas o alcalinas, con una relación de C:N alta lo que permite usarlo como un mejorador de suelos para el crecimiento de plantas.

### 4.3. Evaluación de porcentajes de Biochar en el crecimiento de acelga

Los niveles óptimos de uso del Biochar en el Suelo se estudiaron en cuatro tratamientos, con distinto porcentaje de Biochar, teniendo tres repeticiones de cada tratamiento para determinar el nivel óptimo del uso de Biochar en el Suelo (Anexo 9, 10 y 11)

En las tablas 8, 11 y 14 se detalla la disposición de los tratamientos en las doce unidades experimentales, cada tratamiento con diferentes niveles de biochar evaluado en el tiempo:

Tabla 8: Evaluación de la longitud de hoja en la acelga en los tratamientos con Biochar

Semanas	0%	5%	10%	20%
0	5.97	5.90	5.80	5.93
1	6.43	6.00	5.90	6.10
2	7.33	6.17	6.27	6.30
3	8.37	9.33	7.30	7.03
4	9.40	11.27	8.33	8.33
5	10.63	12.67	9.53	9.37
6	11.17	14.10	10.10	10.33
7	11.37	17.10	12.83	11.67

La tabla 8 muestra la evaluación del crecimiento de la longitud de la hoja en el cultivo de acelga, evaluado durante 7 semanas a diferentes porcentajes de biochar (0%, 5%, 10% y 20%).

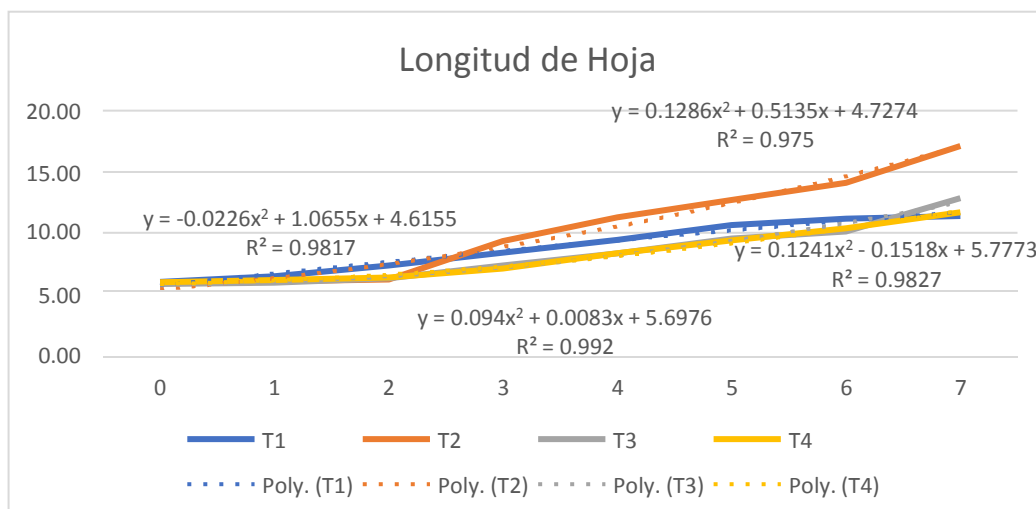


Figura 7 Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para la longitud de hoja

En la figura 7 se observa que el crecimiento de la hoja de la acelga durante 7 semanas, de las cuales el tratamiento 2 (5% de biochar) obtuvo el mayor crecimiento.

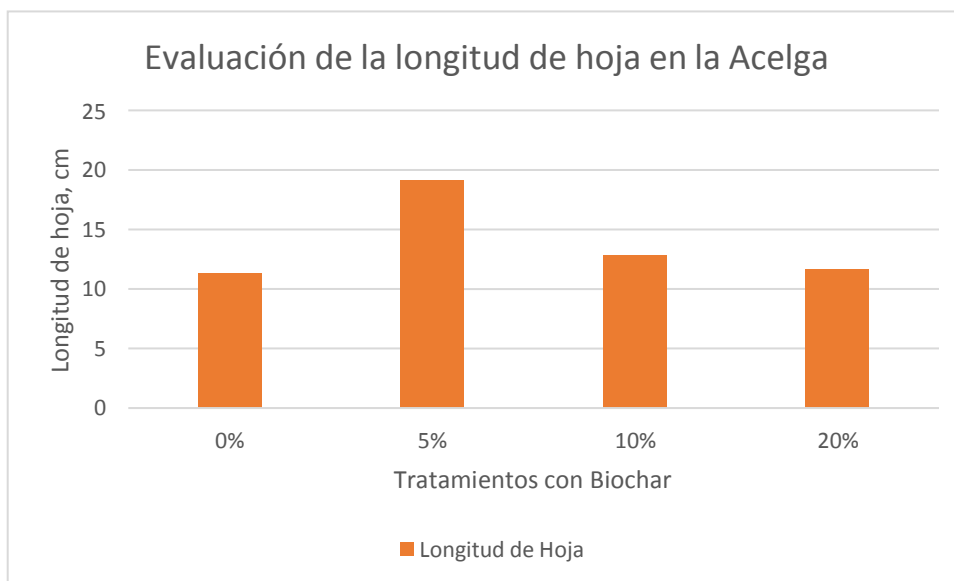


Figura 8 Longitud de hoja en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%)

En la figura 8 se observa que el tratamiento 2 fue el que obtuvo el mayor crecimiento de la hoja de la acelga respecto a los demás tratamientos, en la investigación es importante tener mayor crecimiento de hojas.

Tabla 9: ANOVA respecto a la longitud de la hoja del cultivo de Acelga

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	120.062	3	40.0208	42.77	0.0000
Intra grupos	7.485	8	0.935625		
Total (Corr.)	127.547	11			
Error	1.312				

La tabla 9 muestra los valores-P prueban la significancia estadística de los niveles del factor evaluado (% Biochar).

Se tiene las siguientes hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Todos los tratamientos de biochar son iguales para el crecimiento de la hoja

H<sub>A</sub>: Al menos un tratamiento de biochar es diferente para el crecimiento de la hoja

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe al menos un tratamiento diferente a los demás con un 95.0% de nivel de confianza. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En tabla 10 muestra que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con biochar siendo el más significativo el tratamiento 2 (T2= 5%) en la cual se logró la mayor longitud de la hoja, por otro lado los tratamiento T1,T3 y T4 no mostraron diferencias entre ellos, siendo estadísticamente iguales, el cual se evidencia con la Prueba de múltiples rangos (Grupos homogéneos).

Tabla 10: Prueba de multirangos para la longitud de la hoja

<i>% Biochar</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0%	3	11.3667	X
20%	3	11.6667	X
10%	3	12.8333	X
5%	3	19.15	X

La tabla 11 muestra la evaluación del crecimiento del tallo en el cultivo de acelga, evaluado durante 7 semana a diferentes porcentajes de biochar (0%, 5%, 10% y 20%).

Tabla 11: Evaluación del crecimiento del Tallo de acelga con diferentes tratamientos de Biochar

Semanas	0%	5%	10%	20%
0	2.53	2.33	2.07	1.80
1	2.67	2.50	2.33	2.00
2	3.67	3.67	4.83	3.23
3	5.33	4.83	8.73	4.77
4	12.33	13.50	14.17	13.67
5	24.00	15.67	21.67	27.67
6	38.50	19.00	32.00	33.67
7	57.00	21.33	42.33	41.67

T1 = 0% de Biochar en el suelo; T2 = 5% de Biochar en el suelo; T3 = 10% de Biochar en el suelo y T4 = 20% de Biochar en el suelo

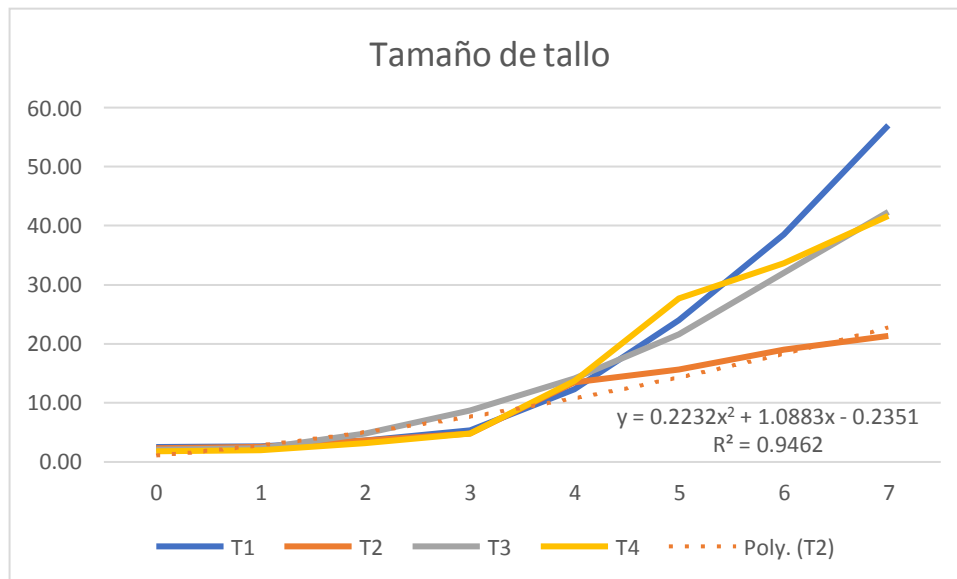


Figura 9 Tamaño de tallo en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%)

En la figura 9 se observa que el crecimiento ha sido normal para todos los tratamientos, pero que el mayor tamaño de tallo se obtuvo con el tratamiento 1, sin embargo, para evaluar la calidad de la acelga, el tamaño de tallo no debe ser tan largo, pues a más altura del tallo representa mayor envejecimiento de la acelga, dando como resultado una acelga de menor calidad. Inversamente proporcional, cuando el tallo llega entre los 15 a 20 cm., estamos frente a una acelga que ha dado una mejor producción, para esta investigación el tratamiento 2 (5%) presenta un menor tamaño de tallo.

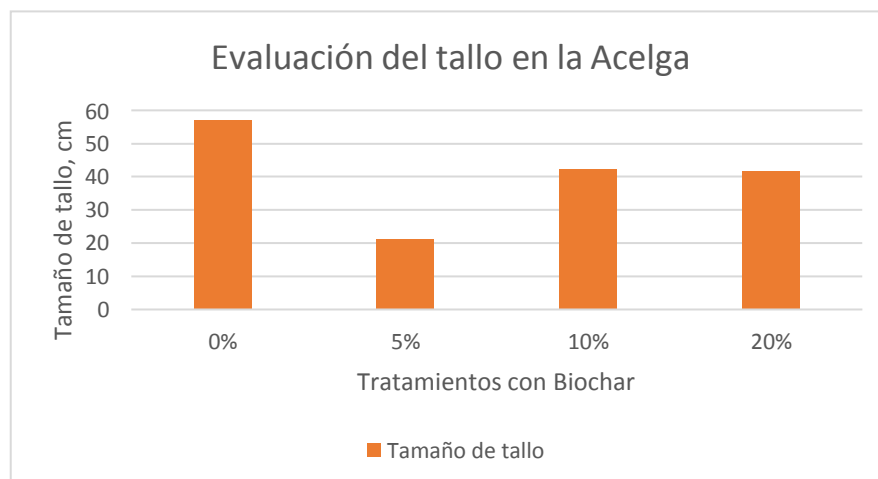


Figura 10 Tamaño de tallo de la acelga en los diferentes tratamientos (0%, 5%, 10% y 20%)

En la figura 10 se observa que el tratamiento 2 fue el que obtuvo el menor crecimiento de tallo respecto a los demás tratamientos, en la investigación es importante tener menor crecimiento de tallo.

El Análisis de varianza de los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4) en el tamaño de tallo en los cultivos de acelga se muestra a continuación:

Tabla 12: ANOVA respecto al tamaño de tallo del cultivo de Acelga

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1932.92	3	644.306	198.25	0.0000
Intra grupos	26.0	8	3.25		
Total (Corr.)	1958.92	11			
Error	1.041				

La tabla 12 muestra los valores-P prueban la significancia estadística de los niveles del factor evaluado (% Biochar). Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe al menos un tratamiento diferente a los demás con un 95.0% de nivel de confianza. Se tiene las siguientes hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>: Todos los tratamientos de biochar son iguales para el tamaño de tallo.

H<sub>A</sub>: Al menos un tratamiento de biochar es diferente en el tamaño de tallo.

Dado que el valor-P es menor que 0.05, existe al menos un tratamiento diferente a los demás con un 95.0% de nivel de confianza. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 13: Prueba de multirangos para el tamaño del tallo

<i>% Biochar</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
5%	3	21.3333	X
20%	3	41.6667	X
10%	3	42.3333	X
0%	3	57.0	X

Método: 95.0 porcentaje LSD

En la tabla 13 se muestra que los tratamientos 3 y 4 son homogéneos no habiendo diferencia significativa entre ellos, mientras que el tratamiento 1 y 2 son diferentes frente a los demás tratamientos. No existen diferencias significativas entre los niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Tabla 14: Evaluación del número de hojas en la Acelga en los tratamientos de Biochar

Semanas	0%	5%	10%	20%
0	5	4	4	5
1	5	3	4	3
2	6	5	5	6
3	8	7	10	12
4	13	8	12	15
5	21	9	15	20
6	26	10	16	23
7	30	11	18	26

La tabla 14 muestra la evaluación del número de hojas en el cultivo de acelga, evaluado durante 7 semana a diferentes porcentajes de biochar (0%, 5%, 10% y 20%).

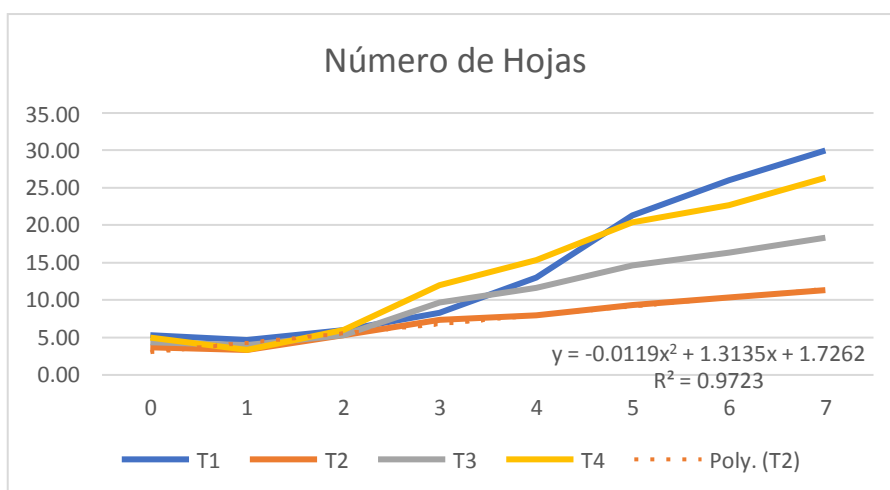
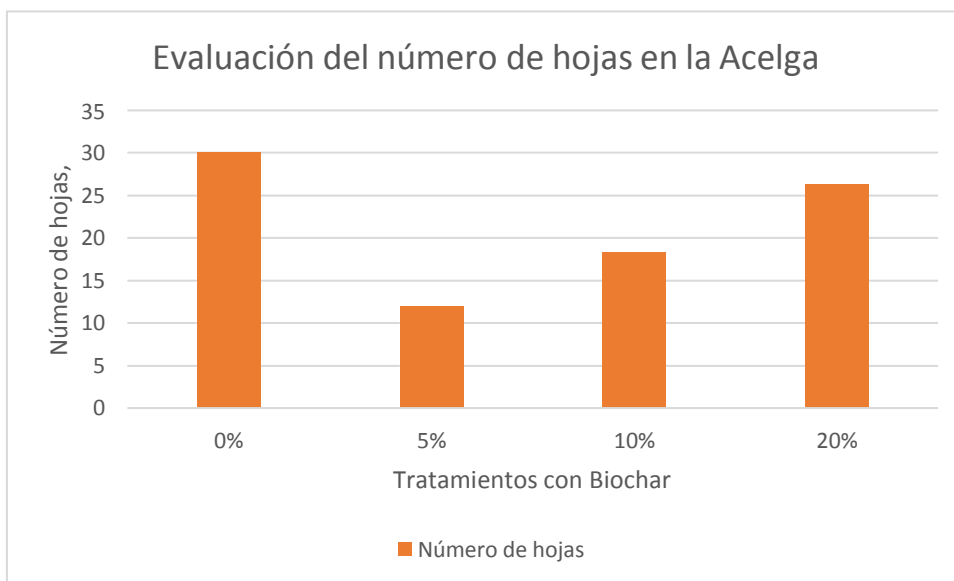


Figura 11 Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para el número de hojas



En la figura 11 se observa que el incremento de hojas de la acelga en los tratamientos durante las 7 semanas de evaluación. Siendo el Tratamiento 1 con mayor número de hojas y el Tratamiento 2 con el menor número de hojas.



**Figura 12** Gráfica Excel con ecuaciones polinómicas para el número de hojas

En la figura 12 se observa que el Tratamiento 1, sin biochar fue el que obtuvo el mayor número de hojas, pero la calidad de la acelga no se mide en cuanto a mayor número de hojas, si no entre un rango de 9 a 14 hojas por plantón, lo cual se observa en el Tratamiento 2, con el Biochar al 5%.

El Análisis de varianza de los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4) en el número de hojas en los cultivos de acelga se muestra a continuación:

Tabla 15: ANOVA respecto al número de hojas del cultivo de Acelga

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	587.333	3	195.778	37.89	0.0000
Intra grupos	41.3333	8	5.16667		
Total (Corr.)	628.667	11			
Error	1.312				

La tabla 15 muestra los valores-P prueban la significancia estadística de los niveles del factor evaluado (% Biochar). Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe al

menos un tratamiento diferente a los demás con un 95.0% de nivel de confianza con respecto al número de hojas del cultivo de acelga.

Se tiene las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Todos los tratamientos de biochar son iguales para el número de hojas.

$H_A$ : Al menos un tratamiento de biochar es diferentes para el número de hojas.

Dado que el valor-P es menor que 0.05, existe al menos un tratamiento diferente a los demás con un 95.0% de nivel de confianza. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 16: Prueba de multirangos respecto al número de hojas en el cultivo de Acelga

<i>% Biochar</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
5%	3	12.0	X
10%	3	18.3333	X
20%	3	26.3333	X
0%	3	30.0	X

En a tabla 16 se identificó 1 grupo homogéneo según la alineación de las X's en columnas. El método empleado es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este vemos que el mejor resultado es al 5%, seguido del 10%, y que tanto el 20% como el 0% son los últimos pues, si bien tienen mayor número de hojas, en cuanto a calidad, son hojas muy pequeñas, lo contrario a las hojas del tratamiento al 5%, donde son pocas hojas, pero el tamaño refleja la calidad de la acelga.

#### 4.4. Características Físico químicas del suelo con y sin el biochar

Las características físico químicas del suelo antes de la aplicación del Biochar se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17: Características físico químicas del suelo sin biochar

	N	P	K	pH	CE	MO
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	01 al 14	mS/cm	%
Muestra de Suelo (Testigo)	0.74	18.2	182	8.61	0.704	1.68

Las características físico químicas del suelo después de la aplicación del Biochar en sus distintos porcentajes se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18: Características físico químicas del suelo con biochar

	N	P	K	pH	CE	MO	CIC
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	01 al 14	mS/cm	%	meq/g
Suelo con Biochar al 0%	1.62	34.7	275	8.06	0.689	0.84	5.84
Suelo con Biochar al 5%	1.47	45.3	306	8.68	0.676	5.71	5.33
Suelo con Biochar al 10%	0.88	35	369	8.84	0.62	7.02	4.86
Suelo con Biochar al 20%	0.96	76.9	538	9.14	0.693	14.58	4.71

En la tabla 18, se muestran los parámetros físico químicos (N,P,K, pH, CE MO y CIC) de los diferentes tratamiento con el biochar (0%,5%,10% y 20%). A continuación, se muestran las siguientes gráficas donde se compara por parámetro:

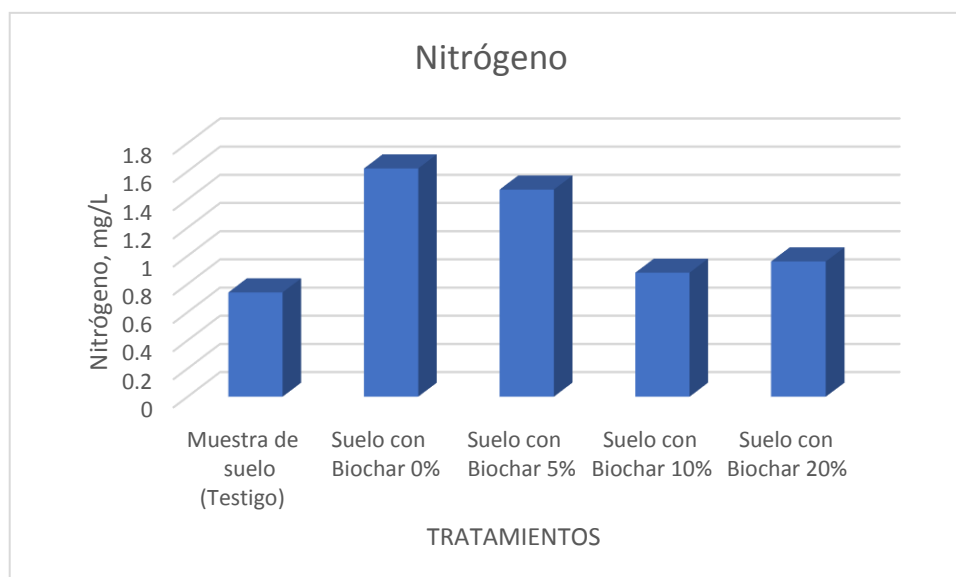


Figura 13 Evaluación de nitrógeno en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

En la figura 13 se observa la presencia en el suelo de nitrógeno, siendo en el tratamiento 1 y 2 mayor que en los tratamiento 3 y 4. Todos los tratamiento mostraron mayor concentración de nitrógeno que el testigo.

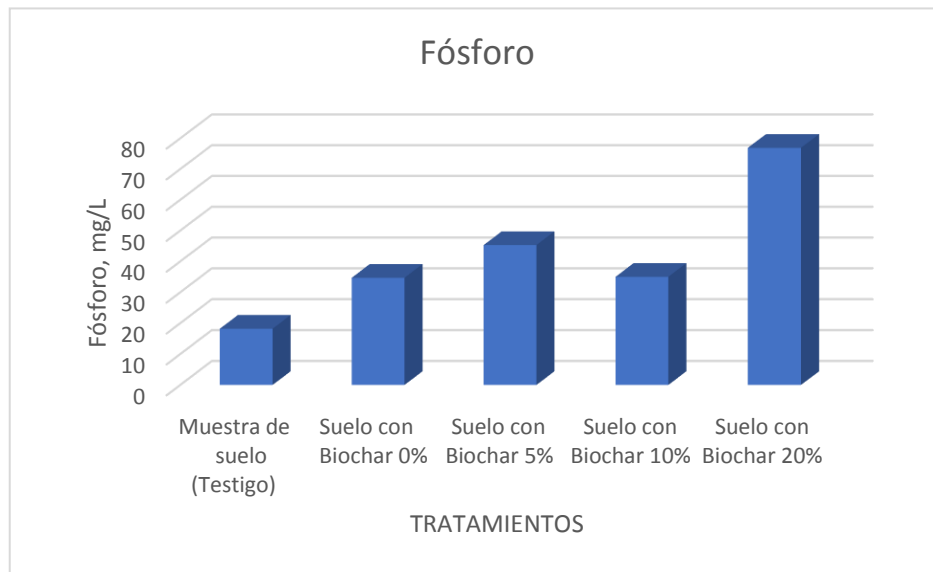


Figura 14 Evaluación de fósforo en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

En la figura 14 se observa la presencia en el suelo de fósforo, siendo en el tratamiento 4 mayor cantidad de fósforo respecto a los otros tratamientos que tienen una cantidad de fósforo similar y mayor que el testigo.

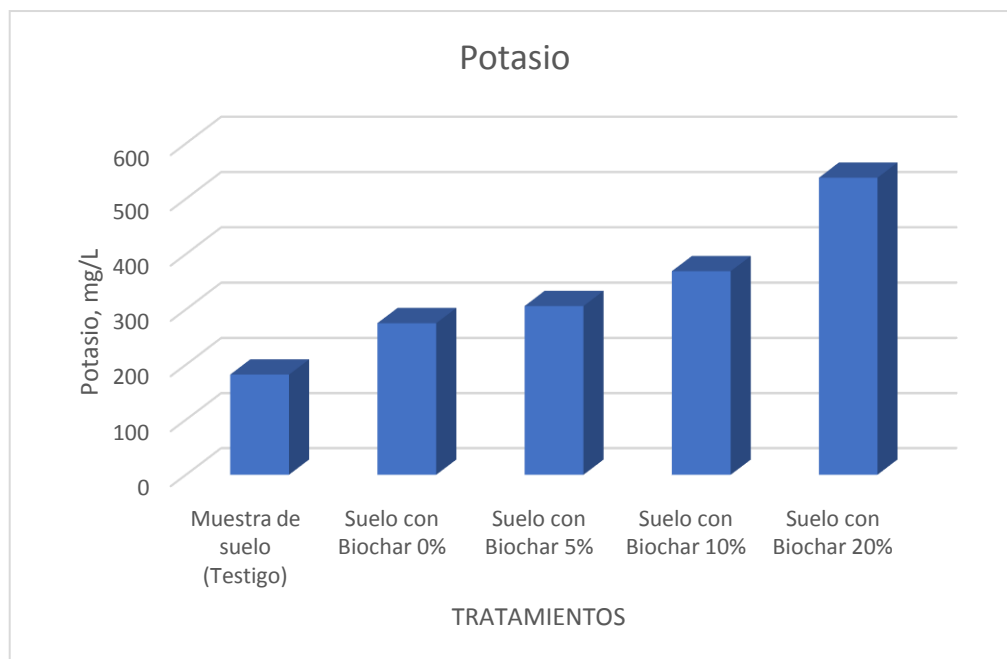


Figura 15 Evaluación de potasio en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

En la figura 15 se observa la presencia en el suelo de potasio, siendo en el tratamiento 4 mayor cantidad de potasio respecto a los otros tratamientos que tienen una cantidad de potasio similar.

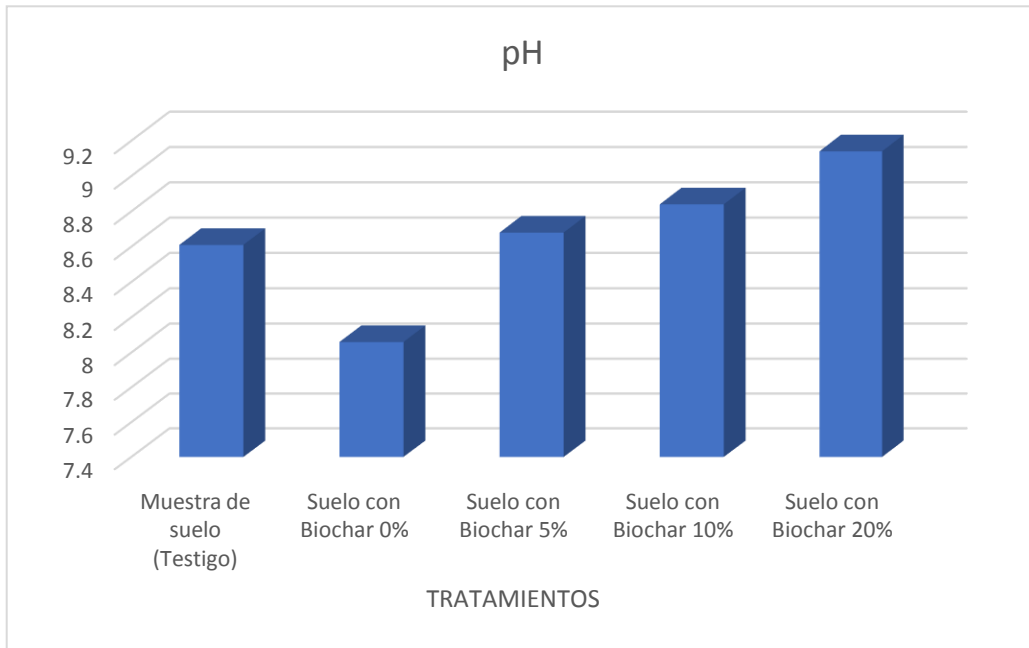


Figura 16 Evaluación de pH en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

En la figura 16 se observa que los tratamientos con presencia de biochar tienden a ser más alcalinos sin embargo en el tratamiento con ausencia de biochar tiene a disminuir el pH. El tratamiento 4 el cual posee mayor cantidad de biochar incrementa el pH.

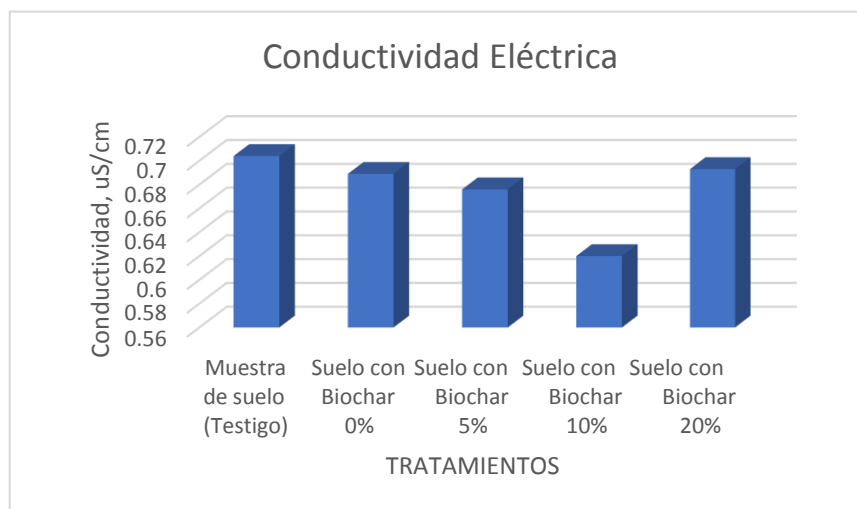
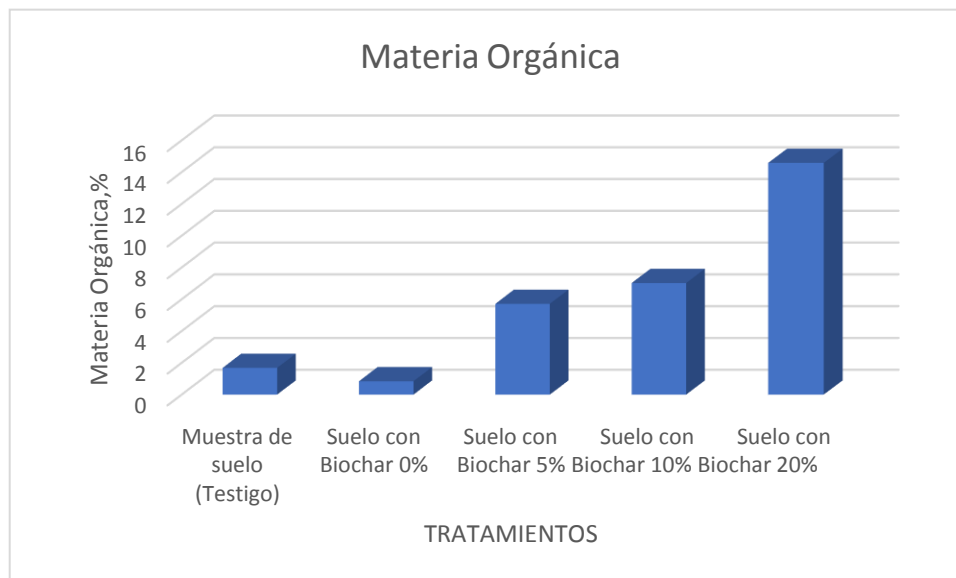


Figura 17 Evaluación de C.E. en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

En la figura 17 se observa que en todos los tratamientos hay una disminución de la conductividad, debido por la asimilación de minerales por parte de las plantaciones de acelga, habiendo una mayor disminución en el tratamiento 3.



*Figura 18 Evaluación de M.O en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4)*

En la figura 18 se observa que en todos los tratamientos con presencia de biochar hay un incremento de materia orgánica respecto al testigo, siendo solo en el tratamiento 1 (0% de biochar) donde se observa una disminución de la materia orgánica.

## **V. DISCUSIÓN**

El biochar obtenido en la presente investigación muestra un pH alcalino (10), que según Olmo (2016) la mayoría de los biochar son alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ) con alto contenido de carbono y bajo contenido de nutrientes. Además el biocarbón es el producto de la descomposición de materia orgánica a elevada temperatura con poco o nulo suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas relativamente bajas (inferiores a los  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y que es destinado a uso agrícola, lo que lo hace diferente al carbón usado como combustible y al carbón activado (Escalante et al., 2016).

Por otro lado, la CIC es más baja ( $1.18\text{ meq}/100\text{gr}$ ) en referencia a otros biochars obtenido en diferentes investigaciones, como en la investigación de Zegarra (2015) y Guerra (2015). Esto debido a la materia prima utilizada. De esta manera se obtuvo el biocarbón el cual posee propiedades benéficas reflejándose en la calidad y producción del cultivo de acelga, que de acuerdo a la investigación de Zegarra Torres (2015) menciona que es factible la obtención de biochar con biomasa natural (residuos orgánicos) como materia prima para la elaboración de diferentes tipos de biochar, el cual depende del material de partida.

En cuanto a la relación C:N se obtuvo un valor de 66.72 la cual es una relación media-baja en comparación al biochar obtenido en la investigación de Novak et al. (2010) que obtuvo un biochar con una relación de 245. Sin embargo, en la revisión realizada por Escalante et al. (2016) indica que materiales con una baja relación C:N son buenos para producir compost, y ayudan a la liberación de nitrógeno para las plantas y microorganismos.

Para la evaluación del efecto del biochar en los componentes vegetales (Longitud de hoja, tamaño de tallo y número de hojas) se utilizaron 4 tratamientos: 0%, 5%, 10% y 20% de biochar.

Los resultados mostraron que en cuanto a la longitud de hoja el mejor tratamiento fue el tratamiento con 5% de biochar, obteniendo una longitud de hoja de 17.10 cm en la séptima semana, respecto a los 11.37 cm, 12.83 cm y 11.67 de los tratamientos 1, 3 y 4 respectivamente. Esto se debe a que según el biochar obtenido de los residuos de poda tiene un efecto positivo, lo cual está en concordancia con la investigación de Abenza (2005). Además, en la investigación de Chumbipuma B. Luis, (2017) que la longitud de la hoja debe ser mínima de 25 cm para ser cosechada, por lo que el tratamiento 2 (5%) es el más cercano. En cuanto al tamaño de tallo, se obtuvo que el tratamiento 3 (0%) y el tratamiento 4 (20%) tuvieron un



desarrollo mayor que al tratamiento 1 (0%), 2 (5%). Sin embargo, para la cosecha de acelga lo importante es la longitud de hoja que es lo que se consume. Proceso similar al número de hoja, donde el tratamiento 1 (0%) obtuvo mayor cantidad de hojas, sin embargo, tienen una menor longitud, esto debido a que al no tener biochar, no se ve beneficiado por el efecto mejorador de suelo que proporciona el biochar, en el caso del tratamiento 2 (5%) se observa una hoja con color verde brillante y larga en comparación a los otros tratamientos (10% y 20%). En la investigación de Proaño (2015) determinó en el cultivo de acelga mediante de empleos de fertilizantes orgánicos una cantidad de entre 16,92 a 20,68 hojas por planta.

En la determinación de las propiedades físico químicas del suelo, se encontró que la conductividad eléctrica en los 4 tratamientos presentó valores muy similares, sin embargo, respecto al testigo, en los 4 tratamientos disminuyeron debido a la asimilación de sales por las plantas. En cuanto al pH, se observa que a mayor biochar el pH se ve incrementado (9.14) respecto a los demás tratamientos, cabe mencionar que pH alcalinos, desfavorece a la asimilación por parte de la planta, debido al poco desarrollo de microorganismos. En la investigación de Nates (2014) indica que un suelo con pH de 6 a 7 presenta un desarrollo biológico óptimo respecto a los suelos alcalinos, en la investigación todos los tratamientos con biochar son alcalinos sin embargo, el tratamiento 2 (5%) presenta el menor pH respecto a los demás, haciéndolo la proporción más óptima.

Respecto a la materia orgánica, se ve un efecto positivo al utilizar el biochar, incrementando la materia orgánica en los suelos, según Escalante et al. (2016) al utilizar el biochar, el contenido de materia orgánica puede mejorar la fertilidad del suelo así como mejorar las propiedades físico químicas del suelo. . Emplear biocarbón puede ser una posibilidad para contribuir a atenuar la pérdida de fertilidad y la decadencia de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Sin embargo, al tener una cantidad alta de materia orgánica (20%) incrementa la salinidad, lo cual es perjudicial para el cultivo, esto último está en concordancia con lo investigado por Zegarra Torres (2015).

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se determinó el rendimiento de los residuos de poda para la obtención de biochar en 22.47%, logrando 27.41 kg de biochar a partir de 122 kg de residuos de poda (troncos en mayor proporción) por el proceso de pirólisis.
- Las características del biochar a través del proceso de pirólisis, fue para pH 10, relación C/N de 66.72, CIC de 1.80 meq/100g y la densidad de 0.527 g/ml.
- Para las características químicas del biochar en el suelo se nota que a medida que se incluye una mayor cantidad en el suelo eleva el pH, No varía la CE, se mejora el nitrógeno, la materia e incrementa la salinidad.
- Se encontró que existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos para la producción de acelga y el porcentaje óptimo de biochar fue el tratamiento 2 (5% de inclusión al suelo); así mismo mejoró el balance de propiedades físico químicas del suelo después de la cosecha.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar proporciones bajas de biochar (5%) el cual muestra un efecto positivo en el suelo para el cultivo de acelga.
- Se recomienda utilizar otros materiales o residuos para evaluar la posibilidad de obtener biochar de otras materias primas.
- Se recomienda promover el uso de residuos para la producción de subproductos ecológicos con valor agregado como el biochar que tiene propiedades importantes para el suelo.

## REFERENCIAS

- Abdel-Fattah, T. M., Mahmoud, M. E., Ahmed, S. B., Huff, M. D., Lee, J. W., & Kumar, S. (2015). Biochar from woody biomass for removing metal contaminants and carbon sequestration. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 22, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.030>
- Abenza, D. P. (2005). Interrelationships between BS 7750 and the EMAS Program. *The European Union's Eco-Management and Audit Scheme (EMAS)*, 5-8. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3492-x\\_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-3492-x_2)
- Arevalo, D. R. E. (2018). *Obtencion de biochar a partir de la biomasa de podas forestales de la zona urbana de la ciudad de Cuenca*. 92.
- Balat, M., Balat, M., Kirtay, E., & Balat, H. (2009). Main routes for the thermo-converion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. *Energy Conversion and Management*(50), 3147-3157. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.08.014>
- Brownsort, P. A. (2009). *Biomass Pyrolysis Processes: Performance Parameters and Their Influence on Biochar System Benefits*. Tesis, University of Edinburgh, Master of Science. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1842/3116>
- Cárdenas Vidal, K. S., & Tejada Marín, G. A. (2019). *Determinación de Alternativa de Valorización de los Residuos Sólidos Orgánicos Municipales Generados por las Actividades de Poda de las Áreas Verdes del Distrito de Alto Selva Alegre*. Tesis Profesional, Universidad Católica de Santa María, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente, Arequipa.
- Cueto García, M. J. (2016). *Potencial de Producción de Biochar en España a Partir de Residuos de la Industria Papelera, de Lodos de E.D.A.R., de Residuos Sólidos Urbanos y de Residuos Ganaderos: Estudio de la Fijación de Carbono*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid.
- Flores, D. (2001). *Guía Práctica N° 2: Para el Aprovechamiento de los residuos sólidos organicos*. Quito, Ecuador.

- FOVIDA - Fomento de la Vida. (2018). *Segregación de Residuos Sólidos y Cambio Climático*. Madrid: Arte Perú S.A.C.
- Guerra Laura, P. A. (2015). *Producción y Caracterización de Biochar a partir de la Biomasa Residual de Sistemas Agroforestales y de Agricultura Convencional en la Amazonía Peruana*. Tesis profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Lima.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. Tesis profesional, Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Antioquía.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publications Ltd.
- Manrique Huaco, J. A., & Sanchez Gutierrez, J. C. (2020). *Revisión Bibliográfica de los Procesos y Metodologías para Elaborar Biochar a Partir de Residuos Agrícolas y Lodos de Depura*. Tesis Profesional, Universidad Católica San Pablo, Facultad de Ingeniería y Computación, Arequipa.
- McLaughlin, H., Anderson, P. S., Shields, F. E., & Reed, T. B. (Octubre de 2009). All Biochars are Not Created Equal, and How to Tell Them Apart. *The North America Biochar Conference(2)*, 1-36. Obtenido de <https://terrapreta.bioenergylists.org/files/All-Biochars--Version2--Oct2009.pdf>
- Ministerio de Salud. (2018). *Unidad Temática N° 6 Vigilancia de Residuos Sólidos* (1 ed.). Lima, Peru: Ministerio de Salud.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Aprensión a prevenir los efectos del Mercurio: Residuos y áreas verdes*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Olmo Prieto, M. (2016). *Efectos del Biochar sobre el Suelo, Las Características de la Raíz y la producción Vegetal*. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba, Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Córdoba.

- Paco Abenza, D. (2012). *Evaluación de Efectos de Varios Tipos de Biochar en Suelo y Planta*. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Ciencias Ambientales, Bellaterra.
- Panéz Delgado, L. A. (2017). *Aplicación de Biochar de Restros Vegetales para la Inhibición de la Biodisponibilidad de Cadmio (Cd) en Suelos Contaminados*. Tesis profesional, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Sacravilca Casanova, A. M. (2019). *Influencia del pH durante la Adsorción y Desorción de Pb utilizando biochar Elaborado a Partir de Residuos de Poda*. Tesis profesional, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Castillo, B., Ruiz, ;, Jose O, Manrique, ;, Manuel A L, Pozo, & Carlos. (2020). Contamination by agricultural pesticides in crop fields in Cañete Contenido. *Issn*, 41(10).
- Chumbipuma B. luis. (2017). "Densidad de siembra y Abonos foliares en la producción Orgánica de Acelga (*beta vulgaris l. var. cicla*) en la Molina." 100.
- De la cruz Carpio, L. (2018). Eficiencia del biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar plomo en el suelo a nivel laboratorio UCV, 2018. *Universidad César Vallejo*.
- 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 Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil. *Terra Latinoamericana*, 34, 367-382. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- ESCALANTE ABRILL, D. J. (2018). Optimización de la regulación hídrica de los suelos arenosos del parque "La Arboleda" empleando biochar de residuos de poda - Santa Rosa 2018. *Tesis*, 138. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13999/Mayhua\\_TYN.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/18362/Peixoto\\_PEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0QfQkMWRrwpmbiRoQ99STBy6r2BevFdD-dSP\\_Wi5JEIshyNYe--](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13999/Mayhua_TYN.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/18362/Peixoto_PEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0QfQkMWRrwpmbiRoQ99STBy6r2BevFdD-dSP_Wi5JEIshyNYe--)
- Gallo-saravia, M., Lugo-sierra, L., & Barrera-zapata, R. (2018). Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate. *Evaluación de Biochar Como Alternativa de Sustrato En Cultivos de Tomate*, 23(2), 297-303. <https://doi.org/10.22517/23447214.17691>



- Huerta, A. (2019). Influencia del biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019. *Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo,"* 118. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4085>
- Kwoczynski, Z., & Čmelík, J. (2021). Characterization of biomass wastes and its possibility of agriculture utilization due to biochar production by torrefaction process. *Journal of Cleaner Production,* 280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124302>
- Lee, Y., Park, J., Ryu, C., Gang, K. S., Yang, W., Park, Y. K., Jung, J., & Hyun, S. (2013). Comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500°C. *Bioresource Technology,* 148, 196-201. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.135>
- Li, J., Dai, J., Liu, G., Zhang, H., Gao, Z., Fu, J., He, Y., & Huang, Y. (2016). Biochar from microwave pyrolysis of biomass: A review. *Biomass and Bioenergy,* 94, 228-244. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.09.010>
- Liu, Z., Quek, A., Kent Hoekman, S., & Balasubramanian, R. (2013). Production of solid biochar fuel from waste biomass by hydrothermal carbonization. *Fuel,* 103, 943-949. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.07.069>
- Nates, E. (2014). Evaluación Del Efecto De Biochar En El Suelo Y La Calidad De Los Frutos En Un Cultivo De Uchuva. *Pontificia Universidad Javeriana,* 44. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17900/NatesOcampoEvelynMaria2014.pdf?sequence=1>
- Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Laird, D. A., Ahmedna, M. A., & Niandou, M. A. S. (2010). Short-term CO<sub>2</sub> mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandudult. *Geoderma,* 154(3-4), 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.10.014>
- Olmo, M. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo , las características de la raíz y la producción vegetal. *Tesis,* 156.
- Proaño, F. E. A. (2015). *Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla L.) a la fertilizacion organica foliar.* 70.
- Ríos Tello, C. L. (2018). Aplicación de biochar de Mespilus germanica L. y Mangifera indica L. en suelos contaminados para reducir plomo en la zona de

- La Huaca - Huaral, 2018. *Universidad César Vallejo*.
- Sacravilca Casanova, A. M. (2019). Influencia del pH durante la adsorción y desorción de Pb utilizando biochar elaborado a partir de residuos de poda 2019. In *Ucv*.
- Sergio Gutierrez Roncal. (2020). *Biocarbón de residuos lignocelulósicos en la mejora de las propiedades físico – químicas del suelo*. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Trujillo A, E., Valencia A, C. E., Alegría A, M. C., Césare C., M. F., & Sotelo M, A. H. (2019). Producción Y Caracterización Química De Biochar a Partir De Residuos Orgánicos Avícolas. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(4), 489-504. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.262>
- Zegarra Torres, S. (2015). Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón – Lima - Perú. *Universidad Cesar Vallejo*, 38.
- Zhang, Q., Chang, J., Wang, T., & Xu, Y. (2007). Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. *Energy Conversion and Management*, 48(1), 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.05.010>


## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

*Matriz de operacionalización de variables*

		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de medición
Variable Independiente	Biochar	El biochar o biocarbón es el producto obtenido de la descomposición térmica de materia orgánica con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), siendo este usado para fines agrícolas, como mejorador del suelo, debido a su capacidad de retener agua o almacenar carbono.	El Biochar se pudo elaborar en un reactor de 200 lts. de volumen, donde entró 122 kg. de restos de poda de Eucalipto, se realizó la pirólisis durante dos horas, y luego dejamos enfriar, tapando todos los agujeros con barro, por dos horas más, obtuvimos 27.41 kg. De Biochar	Características de los R.O. de jardinería	Volumen	m <sup>3</sup>	Razón
					Peso	kg.	
				Características del Biochar	Ph	01 al 14	
					Relación C/N	%	
					Capacidad de Intercambio Catiónico.	meq/g	
					Densidad	g/lt	
					pH	01 al 14	
				Características físico-químicas del suelo, con y sin el Biochar	Conductividad Eléctrica	mS/cm	
					Materia Orgánica	%	
					NPK	%	
Capacidad de Intercambio Catiónico.	meq/g						
Variable Dependiente	Cultivo de acelga	Pertenece a la familia de las Quenopodiáceas, las acelgas ( <i>Beta vulgaris</i> var. <i>Cicla</i> ), son plantas de hojas verdes ricas en vitaminas, sales minerales y fibra.	Las acelgas se plantaron en doce macetas, cuatro distintos tratamientos y tres repeticiones de cada tratamiento, se cultivaron en macetas de 2 litros de manera aleatoria, todas las macetas estuvieron expuestas al mismo sol, viento, agua.	Crecimiento de la acelga	Longitud de la hoja	cm.	Razón
					Longitud del tallo	cm.	
					Número de hojas por plantón	#	
				Calidad de la acelga	Peso	g.	
					Color	verde brillante	

## Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

	<b>FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN</b>										<b>INSTRUMENTO: N°01</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>														
<b>TÍTULO:</b>	Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga (Beta vulgaris var. cicla), Arequipa 2020													
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b>	Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos													
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería Ambiental													
<b>INTEGRANTES:</b>	LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO													
<b>ASESOR:</b>	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco													
<b>FICHA:</b>	Observación del crecimiento de acelgas													
<b>FECHA:</b>														
	LONGITUD DE LA HOJA					TAMAÑO DE TALLO					NÚMERO DE HOJAS POR PLANTÓN			
	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
R1					R1					R1				
R2					R2					R2				
R3					R3					R3				
PROMEDIO					PROMEDIO					PROMEDIO				

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: 1. Mg. Lalo José Monzón Martínez/ 2. José Luis Llerena Gonzales 3. Ing. Ana Lucía Baraybar Suárez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - Universidad Alas Peruanas/ Ing. SSOMA – REMOL MINING/ Ing. SSOMA - COPEMI
- 1.3. Especialidad o línea de investigación del experto: ...Sostenibilidad Ambiental .....
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos Fichas Nros: Ficha de observación – N°1.....
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Macedo Quecaño, Laura Beatriz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente			Regular			Bueno			Muy bueno			Excelente		
		0 - 20%			21% - 40%			41% - 60%			61% - 80%			81% - 100%		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													85	85	90
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													85	85	90
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													90	85	90
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													90	85	90
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													85	85	90
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													90	90	90
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													85	85	90
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													85	85	90
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													85	85	85
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													90	90	90

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

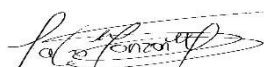
El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

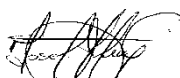
Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

87.5%



CIP: 208812



CIP: 208808



CIP: 208801

Arequipa, 18 de Febrero del 2021

**FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN****INSTRUMENTO: N°02****DATOS GENERALES**

<b>TÍTULO:</b>	Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga ( <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> ), Arequipa 2020
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b>	Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería Ambiental
<b>INTEGRANTES:</b>	LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO
<b>ASESOR:</b>	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
<b>FICHA:</b>	Características Físico Químicas del suelo con Biochar
<b>FECHA:</b>	

	N	P	K	pH	CE	MO	CIC
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	01 al 14	mS/cm	%	meq/g
Suelo con Biochar al 0%							
Suelo con Biochar al 5%							
Suelo con Biochar al 10%							
Suelo con Biochar al 20%							
Muestra del suelo (Testigo)							

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: 1. Mg. Lalo José Monzón Martínez/ 2. José Luis Llerena Gonzales/ 3. Ing. Ana Lucía Baraybar Suárez
- 4.1. Cargo e institución donde labora: Docente - Universidad Alas Peruanas/ Ing. SSOMA – REMOL MINING/ Ing. SSOMA - COPEMI
- 1.2. Especialidad o línea de investigación del experto: ...Sostenibilidad Ambiental .....
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos Fichas Nros: Ficha de observación – N°2.....
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Macedo Quecaño, Laura Beatriz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente			Regular			Bueno			Muy bueno			Excelente				
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%	0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%	0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.															85	85	90
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.															85	90	85
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.															90	90	90
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.															90	85	90
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales															85	85	90
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.															90	90	90
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.															85	85	85
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.															85	85	90
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.															85	85	85
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.															90	90	90

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

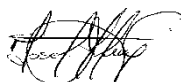
Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

87.5%



CIP: 208812



CIP: 208808



CIP: 208801

Arequipa, 18 de Febrero del 2021

**FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN****INSTRUMENTO  
N°03****DATOS GENERALES****TÍTULO:**Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), Arequipa 2020**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos

**FACULTAD:**

Ingeniería Ambiental

**INTEGRANTES:**

LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO

**ASESOR:**

Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**FICHA:**

Características Físico Químicas del Biochar

**FECHA:**

	pH	C/N	CIC	Densidad
	01 al 14	:	meq/g	g/lt
BIOCHAR				



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: 1. Mg. Lalo José Monzón Martínez/ 2. José Luis Llerena Gonzales 3. Ing. Ana Lucía Baraybar Suárez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: : Docente - Universidad Alas Peruanas/ Ing. SSOMA – REMOL MINING/ Ing. SSOMA - COPEMI
- 1.3. Especialidad o línea de investigación del experto: ...Sostenibilidad Ambiental .....
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos Fichas Nros: Ficha de observación – N°3.....
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Macedo Quecaño, Laura Beatriz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente			Regular			Bueno			Muy bueno			Excelente		
		0 - 20%			21% - 40%			41% - 60%			61% - 80%			81% - 100%		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													90	85	90
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													90	90	90
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													85	90	90
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													90	85	90
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													85	85	90
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													90	90	90
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													85	85	90
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													85	85	90
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													85	85	85
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													90	90	90

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

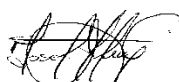
Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88%
-----



CIP: 208812




CIP: 208808



CIP: 208801

Arequipa, 18 de Febrero del 2021

### Anexo 3: Cadena de custodia de muestras

 <b>Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda.</b> Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa. Teléf. (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com		H.C.C. N°:		HOJA: de					
		<b>CADENA DE CUSTODIA - SUELOS Y SEDIMENTOS (MONITOREO AMBIENTAL)</b>		Código Reg F-6	Versión: 00				
Señores: <u>Laura Beatriz Macedo Quecayo</u> RUC: <u>22190884</u> Teléfono: <u>98016505</u> e-mail: <u>laura.mg.9320@gmail.com</u>		Proyecto/ Programa: <u>Tesis</u>		Consultas: <u>Ing. Sixto Juárez</u> <u>Ing. Omar Juárez</u> e-mail: <u>las@laboratoriosanaliticosdelsur.com</u>					
Dirección: <u>Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya</u>		Muestra(s): <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Puntual(es)</td> <td style="width: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Composito(s)</td> <td style="width: 20px;"></td> </tr> </table>		Puntual(es)		Composito(s)		Responsable del muestreo: <u>Laura Beatriz Macedo Quecayo</u>	
Puntual(es)									
Composito(s)									

Código LAS <small>(campo para ser llenado solo por el laboratorio)</small>	Fecha	Hora	Código de campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo		Envase		Cantidad de muestra (g)
					Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM	Plástico	Vidrio	
	22-12-20	14:43	M-1	Muestra de suelo con carbón al 0%	Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya	-16.44 , -71.59	X		490gr
	22-12-20	14:50	M-2	Muestra de suelo con carbón al 5%	Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya	"	X		500gr
	22-12-20	14:58	M-3	Muestra de suelo con carbón al 10%	Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya	"	X		495gr
	22-12-20	15:06	M-4	Muestra de suelo con carbón al 20%	Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya	"	X		500gr
	22-12-20	15:10	M-5	Muestra de suelo sin cultivar - Testigo	Av. Víctor Andrés Belaúnde 287 - Trabaya	"	X		500gr

NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

Observaciones: ...

Campos para llenarse cuando se recepcionan las muestras en LAS

Muestras recibidas intactas:  
Fecha de recepción:  
Hora de recepción:

Firma Laura Beatriz Macedo Quecayo  
 Repres. cliente: Laura Beatriz Macedo Quecayo

Firma Laura Beatriz Macedo Quecayo  
 Entrega a LAS: Laura Beatriz Macedo Quecayo

Firma \_\_\_\_\_  
 Recibido (LAS): \_\_\_\_\_

## Anexo 4: Informes de ensayo de laboratorios 0% Biochar

### Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00018

Pág: 1/2

#### Hoja de datos

Señores: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Dirección: AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 TIABAYA  
Atención: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Proyecto: TESIS  
Producto(s) Declarado(s): Sedimento  
Nro de muestras: 1  
Muestreo a cargo de(l): LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Registro de muestreo: 014-20  
Fecha de recepción: 23/12/2020  
Fecha de ensayo: 23/12/2020  
Fecha de emisión: 8/01/2021  
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

\*7093 Método de Ensayo para Potasio en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Absorción Atómica  
\*7094 Método de Ensayo para Fósforo en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Fotometría  
\*7023 Determinación de pH 1.2 potenciometría en suelos  
\*7024 Determinación de conductividad eléctrica 1.2 en suelos y sedimentos  
\*7006 Método de Ensayo para Materia Orgánica - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7005 Método de Ensayo para Nitrógeno total por Destilación - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7075 Determinación de textura tamizado en suelos  
\*7030 Método de Ensayo para Capacidad de Intercambio catiónico en suelos (C.I.C.)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo
			Coordenadas UTM	Este / Norte		
SD20000046	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 0 %	AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 - TIABAYA	- 16,44 , - 71,59		22/12/20	2:43 p. m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, sino como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

  
Srta. Victoria Jerez Nolasco  
Ingeniero Químico C.I.P. 19474

NH-18 N° 1062

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00018

Hoja de resultados

8/01/2021

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	7093	7094	7023	7024	7006	7005	7075			TEXTURA	7030
		K	P	pH	CE	MO	N	Arena	Limo	Arcilla		CIC
		mg/Kg	mg/Kg	1:2 15,9°C	16,3°C mS/cm	%	mg/Kg	%	%	%		meq/g
SD20000046	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 0 %	275	34,7	8,06	0,689	0,84	1,62	92	1	7	Arena	5,84

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1080

## Anexo 5: Informes de ensayo de laboratorios 5% Biochar

### Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00019

Pág: 1/2

#### Hoja de datos

Señores: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Dirección: AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 TIABAYA  
Atención: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Proyecto: TESIS  
Producto(s) Declarado(s): Sedimento  
Nro de muestras: 1  
Muestreo a cargo de(): LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Registro de muestreo: 014-20  
Fecha de recepción: 23/12/2020  
Fecha de ensayo: 23/12/2020  
Fecha de emisión: 8/01/2021  
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

\*7093 Método de Ensayo para Potasio en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Absorción Atómica  
\*7094 Método de Ensayo para Fósforo en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Fotometría  
\*7023 Determinación de pH 1.2 potencimetría en suelos  
\*7024 Determinación de conductividad eléctrica 1.2 en suelos y sedimentos  
\*7006 Método de Ensayo para Materia Orgánica - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7005 Método de Ensayo para Nitrógeno total por Destilación - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7075 Determinación de textura tamizado en suelos  
\*7030 Método de Ensayo para Capacidad de intercambio catiónico en suelos (C.I.C.)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo
			Coordenadas UTM	Este / Norte		
SD20000047	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 5 %	AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 - TIABAYA	- 16,44 , - 71,59		22/12/20	2:50 p. m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
SUCO VICTOR ANDRES BELAUNDE  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

NH-18 N° 1064

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00019

Hoja de resultados

8/01/2021

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	7093	7094	7023	7024	7006	7005	7075			TEXTURA	7090
		K	P	pH	CE	MO	N	Arena	Limo	Arcilla		CIC
		mg/Kg	mg/Kg	1:2 15,9°C	16,3°C mS/cm	%	mg/Kg	%	%	%		meq/g
SD20000047	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 5 %	306	45,3	8,68	0,676	5,71	1,47	92	2	6	Arena	5,33

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Química C.I.R. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1081

## Anexo 6: Informes de ensayo de laboratorios 10% Biochar

### Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00020

Pág: 1/2

#### Hoja de datos

Señores: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Dirección: AV.VICTOR ANDRES BELAUDE 287 TIABAYA  
Atención: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Proyecto: TESIS  
Producto(s) Declarado(s): Sedimento  
Nro de muestras: 1  
Muestreo a cargo de(l): LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Registro de muestreo: 014-20  
Fecha de recepción: 23/12/2020  
Fecha de ensayo: 23/12/2020  
Fecha de emisión: 8/01/2021  
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

- \*7093 Método de Ensayo para Potasio en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Absorción Atómica
- \*7094 Método de Ensayo para Fósforo en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Fotometría
- \*7023 Determinación de pH 1.2 potenciometría en suelos
- \*7024 Determinación de conductividad eléctrica 1:2 en suelos y sedimentos
- \*7006 Método de Ensayo para Materia Orgánica - Fotometría en suelos y sedimentos
- \*7005 Método de Ensayo para Nitrógeno total por Destilación - Fotometría en suelos y sedimentos
- \*7075 Determinación de textura tamizado en suelos
- \*7030 Método de Ensayo para Capacidad de intercambio catiónico en suelos (C.I.C.)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo
			Coordenadas UTM	Este / Norte		
SD20000048	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 10 %	AV.VICTOR ANDRES BELAUDE 287 - TIABAYA	- 16,44 , - 71,59		22/12/20	2:58 p. m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o servicios. El presente informe es el resultado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

  
Soto Vicente Juárez  
Gerente General

Ing. Químico C.I.P. 19474

NH-18 N° 1066

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

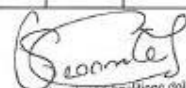
## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00020

Hoja de resultados

8/01/2021

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	7093	7094	7023	7024	7006	7005	7075			TEXTURA	7030
		K	P	pH	CE	MO	N	Arena	Limo	Arcilla		CIC
		mg/Kg	mg/Kg	1:2 15,9°C	16,3°C mS/cm	%	mg/Kg	%	%	%		meq/g
SD20000048	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 10 %	369	35,0	8,84	0,620	7,02	0,88	89	1	10	Arenoso Limoso	4,86

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 10474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1082



## Anexo 1: Informes de ensayo de laboratorios 20% Biochar

### Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00021

Pág: 1/2

#### Hoja de datos

Señores: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Dirección: AV.VICTOR ANDRES BELAUDE 287 TIABAYA  
Atención: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Proyecto: TESIS  
Producto(s) Declarado(s): Sedimento  
Nro de muestras: 1  
Muestreo a cargo de(l): LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Registro de muestreo: 014-20  
Fecha de recepción: 23/12/2020  
Fecha de ensayo: 23/12/2020  
Fecha de emisión: 8/01/2021  
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

- \*7093 Método de Ensayo para Potasio en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Absorción Atómica
- \*7094 Método de Ensayo para Fósforo en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Fotometría
- \*7023 Determinación de pH 1:2 potenciometría en suelos
- \*7024 Determinación de conductividad eléctrica 1:2 en suelos y sedimentos
- \*7006 Método de Ensayo para Materia Orgánica - Fotometría en suelos y sedimentos
- \*7005 Método de Ensayo para Nitrógeno total por Destilación - Fotometría en suelos y sedimentos
- \*7075 Determinación de textura tamizado en suelos
- \*7030 Método de Ensayo para Capacidad de intercambio catiónico en suelos (C.I.C.)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo
			Coordenadas UTM	Este / Norte		
SD20000049	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 20 %	AV.VICTOR ANDRES BELAUDE 287 - TIABAYA	- 16,44 , - 71,59		22/12/20	3.06 p. m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos a comercializarse. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

  
Laboratorio de Suelos y Sedimentos  
Juanita  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

NH-18 N° 1068

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00021

Hoja de resultados

8/01/2021

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	7093	7094	7023	7024	7006	7005	7075			TEXTURA	CIC meq/g
		K	P	pH	CE	MO	N	Arena	Limo	Arcilla		
		mg/Kg	mg/Kg	1:2 15,9°C	16,3°C mS/cm	%	mg/Kg	%	%	%		
SD20000049	MUESTRA DE SUELO EN CARBON AL 20 %	538	76,9	9,14	0,693	14,58	0,96	83	2	15	Franco Arenoso	4,71

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 11474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1083

## Anexo 2: Informes de ensayo de laboratorios Testigo

### Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00022

Pág: 1/2

#### Hoja de datos


Señores: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Dirección: AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 TIABAYA  
Atención: LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Proyecto: TESIS  
Producto(s) Declarado(s): Sedimento  
Nro de muestras: 1  
Muestreo a cargo de(l): LAURA BEATRIZ MACEDO QUECAÑO  
Registro de muestreo: 014-20  
Fecha de recepción: 23/12/2020  
Fecha de ensayo: 23/12/2020  
Fecha de emisión: 8/01/2021  
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas  
Observaciones : ----

#### Método de ensayo aplicado

\*7093 Método de Ensayo para Potasio en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Absorción Atómica  
\*7094 Método de Ensayo para Fósforo en suelos por Extracción con HCL 0,1N - Fotometría  
\*7023 Determinación de pH 1:2 potenciometría en suelos  
\*7024 Determinación de conductividad eléctrica 1:2 en suelos y sedimentos  
\*7006 Método de Ensayo para Materia Orgánica - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7005 Método de Ensayo para Nitrógeno total por Destilación - Fotometría en suelos y sedimentos  
\*7075 Determinación de textura tamizado en suelos

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM / Norte	Este	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD20000050	MUESTRA DE SUELO SIN CULTIVAR - TESTIGO	AV.VICTOR ANDRES BELAUNDE 287 - TIABAYA	- 16,44 , - 71,59		22/12/20	3:10 p. m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de conformidad con los requisitos de los productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Calle Inca Garcilaso de la Vega N° 1114  
Calle Comercio N° 19174

NH-18 N° 1070

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-20-00022

Hoja de resultados

8/01/2021

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	7093	7094	7023	7024	7006	7005	7075			TEXTURA
		K	P	pH	CE	MO	N	Arena	Limo	Arcilla	
		mg/Kg	mg/Kg	1:2 15,9°C	16,3°C mS/cm	%	mg/Kg	%	%	%	
SD20000050	MUESTRA DE SUELO SIN CULTIVAR - TESTIGO	182	18,2	6,61	0,704	1,68	0,74	92	1	7	Arena

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1084

### Anexo 9: Crecimiento del cultivo de acelga en base a la longitud de la hoja

	Unidad	LONGITUD DE LA HOJA			
	Centímetros	T1	T2	T3	T4
INICIO (24/11/2020)	R1	6.00	6.00	5.40	6.20
	R2	5.60	6.00	6.00	6.00
	R3	6.30	5.70	6.00	5.60
	PROMEDIO	5.97	5.90	5.80	5.93
SEMANA 1 (01/12/2020)	R1	6.30	6.00	5.50	6.50
	R2	6.00	6.00	6.00	6.00
	R3	7.00	6.00	6.20	5.80
	PROMEDIO	6.43	6.00	5.90	6.10
SEMANA 2 (08/12/2020)	R1	7.00	6.00	6.00	6.50
	R2	7.00	6.00	6.40	6.00
	R3	8.00	6.50	6.40	6.40
	PROMEDIO	7.33	6.17	6.27	6.30
SEMANA 3 (15/12/2020)	R1	8.00	10.00	7.90	6.90
	R2	8.60	9.00	7.00	6.40
	R3	8.50	9.00	7.00	7.80
	PROMEDIO	8.37	9.33	7.30	7.03
SEMANA 4 (22/12/2020)	R1	9.20	12.00	9.00	9.00
	R2	9.00	9.50	7.00	7.20
	R3	10.00	12.30	9.00	8.80
	PROMEDIO	9.40	11.27	8.33	8.33
SE M A N A	R1	10.70	14.00	10.60	10.40

	R2	9.00	10.00	7.00	8.20
	R3	12.20	14.00	11.00	9.50
	PROMEDIO	10.63	12.67	9.53	9.37
SEMANA 6 (5/01/2021)	R1	11.00	16.00	11.30	11.00
	R2	10.00	11.00	7.00	10.00
	R3	12.50	15.30	12.00	10.00
	PROMEDIO	11.17	14.10	10.10	10.33
SEMANA 7 (12/01/2021)	R1	11.60	18.30	13.00	13.00
	R2	10.00	13.00	12.50	11.00
	R3	12.50	20.00	13.00	11.00
	PROMEDIO	11.37	17.10	12.83	11.67

T1 = 0% de Biochar en el suelo

T2 = 5% de Biochar en el suelo

T3 = 10% de Biochar en el suelo

T4 = 20% de Biochar en el suelo

**Anexo 10: Crecimiento del cultivo de acelga en base al Tamaño de tallo**

INICIO (24/11/2020)	Unidad	TAMAÑO DE TALLO			
	Centímetro	T1	T2	T3	T4
SEMANA 1 (01/12/2020)	R1	2.00	3.00	2.00	1.80
	R2	2.60	2.00	2.20	2.00
	R3	3.00	2.00	2.00	1.60
	PROMEDIO	2.53	2.33	2.07	1.80
	R1	2.00	3.00	2.00	2.00
SEMANA 2 (08/12/2020)	R2	3.00	2.50	3.00	2.00
	R3	3.00	2.00	2.00	2.00
	PROMEDIO	2.67	2.50	2.33	2.00
	R1	3.00	4.00	4.00	3.20
SEMANA 3 (15/12/2020)	R2	3.00	3.50	6.00	2.50
	R3	5.00	3.50	4.50	4.00
	PROMEDIO	3.67	3.67	4.83	3.23
	R1	4.00	4.50	7.00	4.30
SEMANA 4 (22/12/2020)	R2	4.00	5.00	12.00	3.50
	R3	8.00	5.00	7.20	6.50
	PROMEDIO	5.33	4.83	8.73	4.77
	R1	12.00	16.00	15.00	12.00
SEMANA 5 (29/12/2020)	R2	9.00	16.50	13.50	15.00
	R3	16.00	8.00	14.00	14.00
	PROMEDIO	12.33	13.50	14.17	13.67
	R1	26.00	17.00	27.00	25.00

	R2	18.00	18.00	16.00	35.00
	R3	28.00	12.00	22.00	23.00
	PROMEDIO	24.00	15.67	21.67	27.67
SEMANA 6 (5/01/2021)	R1	40.50	19.00	36.00	32.00
	R2	33.00	20.00	29.00	39.00
	R3	42.00	18.00	31.00	30.00
	PROMEDIO	38.50	19.00	32.00	33.67
SEMANA 7 (12/01/2021)	R1	56.00	22.00	41.00	42.00
	R2	57.00	23.00	41.00	43.00
	R3	58.00	19.00	45.00	40.00
	PROMEDIO	57.00	21.33	42.33	41.67

T1 = 0% de Biochar en el suelo

T2 = 5% de Biochar en el suelo

T3 = 10% de Biochar en el suelo

T4 = 20% de Biochar en el suelo



### Anexo 31: Crecimiento del cultivo de acelga en base al número de hojas

	Unidad	Número de Hojas			
	-	T1	T2	T3	T4
INICIO (24/11/2020)	R1	4.00	3.00	5.00	6.00
	R2	6.00	4.00	4.00	4.00
	R3	6.00	4.00	4.00	5.00
	PROMEDIO	5	4	4	5
SEMANA 1 (01/12/2020)	R1	4.00	3.00	4.00	4.00
	R2	5.00	4.00	4.00	3.00
	R3	5.00	3.00	4.00	3.00
	PROMEDIO	5	3	4	3
SEMANA 2 (08/12/2020)	R1	5.00	4.00	5.00	5.00
	R2	6.00	6.00	6.00	7.00
	R3	7.00	6.00	5.00	6.00
	PROMEDIO	6	5	5	6
SEMANA 3 (15/12/2020)	R1	7.00	7.00	7.00	11.00
	R2	9.00	8.00	12.00	13.00
	R3	9.00	7.00	10.00	12.00
	PROMEDIO	8	7	10	12
SEMANA 4 (22/12/2020)	R1	15.00	7.00	10.00	15.00
	R2	10.00	9.00	13.00	15.00
	R3	14.00	8.00	12.00	16.00
	PROMEDIO	13	8	12	15
SE M A N A 5 (2)	R1	26.00	9.00	14.00	19.00

	R2	17.00	10.00	15.00	25.00
	R3	21.00	9.00	15.00	17.00
	PROMEDIO	21	9	15	20
SEMANA 6 (5/01/2021)	R1	29.00	11.00	15.00	25.00
	R2	23.00	11.00	16.00	25.00
	R3	26.00	9.00	18.00	18.00
	PROMEDIO	26	10	16	23
SEMANA 7 (12/01/2021)	R1	32.00	12.00	17.00	30.00
	R2	28.00	12.00	18.00	25.00
	R3	30.00	10.00	20.00	24.00
	PROMEDIO	30	11	18	26

T1 = 0% de Biochar en el suelo










T2 = 5% de Biochar en el suelo

T3 = 10% de Biochar en el suelo

T4 = 20% de Biochar en el suelo

## PANEL FOTOGRÁFICO

		
Toma de medidas	Medición del reactor	Corte del reactor
		
Reactor de Biochar	Residuos de Poda en reactor	Quema de la Biomasa
		
Pirólisis	Fin de Pirólisis	Biochar

		
<p>Molienda de biochar</p>	<p>Mezcla de Biochar con tierra</p>	<p>Pesaje de las macetas con el compuesto</p>
		
<p>Plantación de acelgas</p>	<p>Semana 1 acelgas</p>	<p>Crecimiento de acelga</p>
		
<p>Acelgas listas para cosecha</p>	<p>Cosecha de acelgas</p>	<p>Pesaje de acelgas</p>



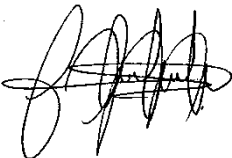
## Declaratoria De Autenticidad Del Autor

Yo, Laura Beatriz Macedo Quecaño, egresada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada “Biochar a partir de residuos de poda generados en los conventos del Instituto Servidoras del Señor y de la Virgen de Matará para cultivo de Acelga (Beta vulgaris var. cicla), Arequipa 2020”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 5 de marzo del 2021

Apellidos y Nombres: Macedo Quecaño Laura Beatriz	
DNI: 72190884	Firma: 
ORCID: 0000-0003-1531-5569	