



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Uso del biochar de estiércol de cerdo para la retención de Pb  
en el distrito de Muqui - Valle del Mantaro - 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Vargas Ticona, Jaime Wilber (0000-0001-6912-1220)

**ASESOR:**

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (0000-0002-9965-9678)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2019

### **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mis padres, por tanta dedicación, apoyo incondicional y paciencia durante toda mi etapa universitaria, guiándome a cumplir todas mis metas propuestas.

A mi familia, amigos por apoyarme y a toda persona que ha estado en todo este trayecto de investigación y en mi carrera para poder cumplir este trabajo de investigación.

## **Agradecimientos**

A mis padres y hermanos; por el apoyo durante estos años para poder culminar mi carrera profesional a pesar de todos los momentos difíciles que pasamos. De igual manera un agradecimiento a todos mis profesores por sus enseñanzas y conocimientos brindados y en especial a mi asesora la Mg. Rita Cabello Torres por el apoyo, consejos y enseñanza durante este tiempo de para poder culminar mi trabajo de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	24
3.2. Variables y operacionalización.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.5. Procedimiento.....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	31
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>V. DISCUSION.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de Tablas

Tabla N°1: Lista de autores que indican algunos beneficios del biochar.....	15
Tabla N°2: Efecto de la aplicación del biohar en la movilidad de metales pesados en suelos.....	17
Tabla N°3: Tipos de biochar y metales absorbidos.....	18
Tabla N°4: Composición nutritiva de las excretas porcinas.....	20
Tabla N°5: Operacionalización.....	25
Tabla N°6: Validez de equipos.....	27
Tabla N°7: Resultados de la composición fisicoquímicos del suelo para las concentraciones C1-C2.....	33
Tabla N°8: Resultados de las características del biochar.....	33
Tabla N°9: Resultados de plomo para las concentraciones C1 y C2.....	34
Tabla N°10: Resultados de eficiencia de inmovilización de las concentraciones C1 y C2.....	34
Tabla N°11: Resultados de la conductividad eléctrica para las concentraciones C1 y C2.....	35
Tabla N°12: Resultados de Ph para las concentraciones C1 y C2.....	35
Tabla N°13: Resultados de Materia Organica para las concentraciones C1 y C2.....	35
Tabla N°14: Resultados de la Capacidad de Intercambio Catiónico para las concentraciones C1 y C2.....	36
Tabla N°15: Resultados de Nitrógeno para las concentraciones C1 – C2 .....	36
Tabla N°16: Resultados de fosforo para las concentraciones C1 y C2.....	37
Tabla N°17: Resultados de Potasio para las concentraciones C1 y C2 .....	37
Tabla N°18: Resultados de Plomo en raiz.....	38

Tabla N°19: Resultados Plomo en tallo.....	38
Tabla N°20: Resultados de Plomo en hoja .....	38
Tabla N°21: Resultados de porcentaje de porosidad en el biochar.....	39
Tabla N°22: Concentraciones C1 y C2 de pH en el suelo.....	40
Tabla N°23: Concentraciones C1 y C2 de Plomo en el suelo.....	41
Tabla N°24: Concentraciones de fosforo en suelo.....	41

## Índice de Figuras

Figura N°1: Estructura del biochar.....	16
Figura N°2: Perfil del suelo.....	20
Figura N°3: Tipos de degradación de suelos.....	21
Figura N°4: Flujo grama de investigación.....	23
Figura N°5: Lugar de estudio.....	26
Figura N°6: Carbonizado de las excretas porcinas.....	29
Figura N°7: Biochar a partir de las excretas porcinas.....	29
Figura N°8: Recolección del suelo y homogenización del suelo.....	30
Figura N°9: Retención de agua en porosidad de micro y macroporos.....	40

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la eficiencia del biocarbon producido a base de estiércol de cerdo, cuyo producto será aplicado en suelos contaminados por Plomo del distrito de Muqui – Valle del Mantaro en el año 2019, de dicho suelo se realizó la evaluación de sus características físico-químicas y la concentración de Pb. Por lo tanto, utilizo macetas teniendo al rabanito *Raphanus sativus* como planta bio-indicadora para investigar el efecto del biocarbon de cerdo sobre la disponibilidad de Pb obteniendo así resultados que sirven para observar la condición inicial del suelo y compararlos luego de aplicar los tratamientos realizados en la investigación.

Dentro de la Metodología se realizan dos tratamientos paralelos durante 5 semanas, uno de los cuales consiste en el tratamiento del suelo contaminado con aproximadamente 1075 mg/Kg de plomo, donde se le aplicara el biocarbon, el subsiguiente tratamiento consiste en el tratamiento del suelo contaminado con aproximadamente 2048 mg/Kg de plomo, las muestras utilizadas para el estudio consisten en una mezcla de suelo con biocarbon, donde el biocarbon representa el 20% de su composición total para 3 muestras en cada semana de análisis.

Los resultados mostraron la eficiencia del biocarbon que logra retener cantidades significantes de Plomo del suelo, teniendo una eficiencia de 0.33 % en el tratamiento 1 y 0.19 % en el tratamiento 2, también se pudo determinar un mayor aumento en el pH en el tratamiento 2 de 9.10 a comparación con el tratamiento 1 de 9.03. El biocarbon redujo la adsorción de la planta del Pb en los suelos contaminados, observo la reducción máxima de 99.68 %. Se determinó que el biocarbon de cerdo contiene una estructura de 63.99 % de porosidad, 29.35 % de microporos y 34.6 % de macroporos respectivamente.

**Palabras Claves:** biocarbon eficiencia, porosidad y estiércol de cerdo



## ABSTRACT

This research was carried out with the objective of determining the efficiency of the biochar produced from pig manure, whose product will be applied in lead-contaminated soils of the Muqui district - Mantaro Valley in 2019, of said soil, the evaluation was carried out Sus Physicochemical characteristics and the concentration of Pb. Therefore, I use pots that have the radish *Raphanus sativus* as a bioindicator plant to investigate the effect of pig biochar on the availability of Pb, thus obtaining results that serve to observe the initial condition of the soil and compare them after applying the treatments performed. the investigation.

Within the Methodology, two parallel treatments are carried out for 5 weeks, one of which consists of the treatment of soil contaminated with approximately 1075 mg / kg of lead, where the biochar will be applied, the subsequent treatment consists of the treatment of Soil contaminated with approximately 2048 mg / kg of lead, the samples used for the study consist of a mixture of soil with biochar, where the biochar represents 20% of its total composition for 3 samples in each week of analysis.

The results showed the efficiency of the biochar that manages to retain significant amounts of lead from the soil, with an efficiency of 0.33% in treatment 1 and 0.19% in treatment 2, it was also possible to determine a greater increase in pH in treatment 2 of 9.10 compared to treatment 1 of 9.03. The biochar reduced the adsorption of the Pb plant in contaminated soils, I observed the maximum reduction of 99.68% It was determined that pork bicohar contains a structure of 63.99% porosity, 29.35% micropores and 34.6% macropores, respectively.

**Key Words:** biochar, efficiency, porosity and manure

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad distintas zonas del Perú sufren la contaminación de suelos debido a la contaminación natural o por intervención del hombre, siendo la contaminación natural menos significativamente a comparación producida por el hombre. Una de las anomalías que se puede generar en la extracción del suelo producto de la minería es el aumento de microelementos en el suelo esto pueden generar negativamente en la biota y calidad del suelo (Puga S. et al, 2016) Una de las principales fuente de contaminación son las mineras y por la producción de energía de las actividades industriales que suelen tener un mayor impacto a contaminar el suelo, existen otras causas como la explotación y extracción de metales produce anualmente toneladas de residuos entre ello la pirita (Galán E. y Romero.A, 2008).

En su investigación realizada se trató un suelo contaminado por cobre la cual se utilizó dos tipos de biochar comprobando un aumento de pH en el suelo y disminuyeron en porcentaje de cobre de 5 y 10 para los dos tipos de biochar (Francisca Moore. et. al. 2018).

Ante esta situación y debido a los numerosos problemas producidos por la contaminación del Pb en los suelos se plantea la producción de biochar de cerdo, mediante el proceso de pirolisis a temperaturas entre 300 – 400 °C. (Moreno J, et. al, 2014 pág. 17) indica para la producción del biochar tiene que ser en un entorno con bajo contenido de oxígeno además mejora las propiedades del suelo, retiene el agua. (Romero, J. 2017) indica e su trabajo que el biochar tiene una eficiencia de 81,89 % y 77,38 % para la retención de Pb en un suelo contaminado.

La finalidad de la investigación es dar a conocer las características fisicoquímicas del biochar y en qué tiempo es más eficaz para la retención del Pb del suelo agrícola contaminado del distrito de Muqui, departamento de Junín.

El problema de los suelos agrícolas contaminados por plomo en el Perú es de varios años principalmente por las mineras, fábricas, vertimientos accidentales, mala gestión de los residuos sólidos e incluso por las emisiones de los vehículos de gasolina, además el uso del estiércol procedente de animales supone frecuentemente la contaminación de aguas con nitratos, sales y metales Además, El Perú es uno de los países de sur américa pobre en suelos ya que solo el 6 % se

desarrolla la agricultura y el 13.94 % para pastos, el Perú solo cuenta con 25, 525,000 ha para la producción agrícola y ganadera. Uno de los principales problemas de la contaminación de suelos son los residuos ya que al estar abandonados cambian sus características físicas, químicas y biológicas formando contaminantes primarios y secundarios. Los contaminantes en contacto con el suelo pueden dispersarse y llegar al agua y aire. El tiempo de residencia de los contaminantes en el suelo suele ser alto, además las sustancias en el aire como en el agua llegan suelo, ocasionando un deterioro en la calidad del suelo y afectado a la flora y fauna. El plomo soluble en el suelo puede ser absorbido principalmente por los pelos de las raíces y almacenar una cantidad considerable en las paredes celulares pudiendo llegar a la cadena trófica. Sin embargo, el crecimiento de las comunidades junto con la escasa planeación urbana, ha generado la acumulación de una variedad de compuestos que son tóxicos a los seres vivos (Bautista F. 1999, Pág 114).

Existen muchas soluciones para la remediar los suelos contaminados por metales pesados, la aplicación del biochar a los suelos contaminados tiene la función de retener, mejorar la disponibilidad de los suelos, mejoran el hábitat para los microorganismos y su aumento de la actividad microbiana (Francisca M. et. al 2018). Ante la preocupación de la contaminación de los suelos contaminados por metales pesados la aplicación del biochar de distintos materiales es una alternativa de solución para poder retener y mejorar los suelos contaminados.

Luego de revisar las teorías relacionadas a la investigación y de acuerdo a la realidad problemática se planteó como **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia del biochar de estiércol de cerdo para retener Pb en un periodo de cultivo del rabanito? A partir del problema general se expresan **problemas específicos**: ¿Cuál es la propiedad del biochar que genera la retención del Pb? ¿Cuál es la variabilidad temporal del biochar para retener Pb en suelos agrícolas para el cultivo del rabanito?

Para el presente trabajo de investigación se tiene como **justificación del estudio**: dar una alternativa de solución en la descontaminación del suelo agrícola contaminado principalmente por Pb a través de la adición de Biochar el cual tiene la capacidad de poder reducir e inmovilizar la movilidad de los metales pesados en

suelo (Zhang X, et al, 2013). Por otro lado el estudio también se enfoca en dar una alternativa de solución a los residuos porcinos, a través de la producción de Biochar, mitigando así la contaminación ambiental.

En el presente estudio de investigación se tiene como **objetivo general** Evaluar el uso del biochar para retener el Pb en un periodo de cultivo de rabanito. **Objetivos específicos** Determinar las propiedades del biochar que genera la retención del Pb y Determinar la variabilidad temporal en el biochar para retener el Pb en suelos agrícolas para el cultivo del rabanito

De acuerdo al problema general y los problemas específicos se planteó la siguiente **hipótesis general**: El uso del biochar de estiércol de cerdo influye significativamente en la retención del Pb en los suelos agrícolas. A partir de la hipótesis general se planteó como **hipótesis específicas**: Las propiedades del biochar que generan la retención son los grupos funcionales y porosidad. La variabilidad temporal del biochar está relacionada con la retención de Pb en los suelos agrícolas para el cultivo de rabanito.

## II. MARCO TEÓRICO

Investigaciones realizadas como la de Romero, J. 2017, demostró que la aplicación de biochar sobre suelo contaminado, logro la inmovilización del Pb en el distrito de san mateo, provincia de Huarochirí del departamento de Lima. Los resultados de su investigación arrojaron que el tratamiento tubo una eficacia del 81,89 % y 77,38% en el suelo.

Esto nos lleva a realizar una investigación sobre los componentes físico químico de los suelos. Asimismo, saber en qué tiempo el biochar tiene un mayor porcentaje de retención de Pb.

Estudios anteriores han demostrado que el biochar tiene una gran eficiencia al retener diferentes tipos de metales pesados (Igalavithana A. et. al. 2019) utilizo distintas tipos de biochars producidos aun temperaturas a 200-650 °C de los cuales aplico 5 y 2.5 % a un suelo agrícola contaminado. El biochar producido por desechos de vegetales a 500 °C mostro un mayor grado de inmovilización de Pb (87%) en un periodo de 45 días. pudo demostrar mediante el análisis de Pearson

que el pH alcalino, el porcentaje de cenizas y el N % influyen en la inmovilización de Pb y la disponibilidad de cationes presente.

Lianshuai T. et. al. (2019) utilizó 2 tipos de biochars (rama de manzano y tallo de maíz) del cual investigó los cambios fisicoquímicos y la adsorción del Pb antes y después del envejecimiento. Los resultados indicaron que una disminución del contenido de C y un aumento de Oxígeno. Sin embargo, se registró un aumento en los grupos funcionales que contenían oxígeno en la adsorción de Pb de biochar. Dando como conclusiones que el envejecimiento puede conducir a cambios en la capacidad de adsorción de Pb en el biochar y que los cambios pueden variar según el tipo de tratamiento del biochar.

Así como Chang R. et. al. (2018) indica que el biochar tiene un gran potencial que puede controlar la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo, comparo los efectos de distintos tratamientos de biochar de alta y baja temperatura de maíz. Los resultados de su investigación mostraron que la capacidad de adsorción del Cd fue mayor del biochar producido a 650 °C que el biochar producido a 350°C.

Chen H. et. al. (2019) utilizó la planta *Brassica chinensis* como bioindicador para investigar los efectos de biochars de *P.orientalis* y biochar de cerdo en la biodisponibilidad de cadmio, de los cuales se aplicaron dosis de 0, 0.5, 1.2, y 4 % para comprender las características fisicoquímicas. La aplicación del biochar aumento el pH del suelo y el contenido de carbono orgánico y el contenido de fósforo disponible también redujo el Cd en los suelos contaminados la reducción máxima de Cd (92,7%) y (52.0%) se observó al suelo tratado con biochar de cerdo al 2%. El biochar de cerdo tenía un mayor potencial para mejorar la calidad del cultivo,

Según Francisca Moore. et. al. (2018) el objetivo fue evaluar los efectos del biochar para la inmovilización del cobre sobre las comunidades microbianas en el suelo contaminado. Se trató un suelo contaminado con Cobre (338 mg/kg) y se utilizaron dos tipos de biochar de estiércol de pollo y biochar de casco de avena, se cultivó metalophyte *oenothera picensis* por seis meses. Luego que los dos tipos de biochar fueron agregados a los suelos contaminados con cobre se pudo observar que el pH del suelo aumento y disminuyeron el porcentaje del cobre en 5 y 10 veces para

los dos tipos de biochar. También se puede observar el mejoramiento del hábitat para los microorganismos de su actividad microbiana, gracias a la aplicación de los biochar aumento la riqueza bacteriana sin embargo no se observaron diversidad microbiana. Por la aplicación del biochar tuvo un aumento significativo en la producción de biomasa vegetal.

Romero, J. (2017) evaluó la composición físico-química y la concentración de Pb disponible en el área afectada, así como las condiciones de operación en la elaboración del Biocarbon. Luego extrajo una muestra de tierra del lugar de interés y los depositó en macetas para desarrollar los tratamientos con el biochar en cantidades diferentes (0%, 5%, 10% y 20%) en el suelo contaminado con 400 ppm para determinar cuál es el tratamiento más eficiente en la inmovilización de Pb, además utilizó como bioindicador "Lactuca Sativa" y realizó el análisis de la concentración de Pb en el suelo, agua intersticial y en las raíces de la planta al finalizar el proyecto, el cual tuvo una duración de 2 meses aproximadamente. Finalmente, los resultados arrojaron que el tratamiento de 20% de Biocarbon tiene una eficiencia del 81,89% y 77,38% en el suelo y en el agua intersticial respectivamente, además las raíces de las plantas no presentaron concentración de plomo. Todo esto a partir del Biocarbon preparado a base de excretas porcinas a una temperatura de 500°C en un tiempo de carbonización de 2 horas.

El biochar es un material que se obtiene a través de la biomasa de distintos tipos de residuos que contienen alto contenido de carbono, que pasa por un proceso de pirólisis a temperaturas entre 300 – 700 °C con un bajo contenido de oxígeno en su elaboración por un proceso que no afecta al medio ambiente (Iriarte U, et al, 2016). La elaboración del biochar y el carbón vegetal son similares, pero se diferencian en su uso del mismo, el carbonizado es suministrado al suelo sea para diferentes mejoras como la retención de humedad, mejorar las propiedades del suelo o almacenar carbono recibe el nombre de biochar (Pongkua W et al, 2018). Los que no son denominados biochar son aquellos que son usados para el proceso de filtrado o reductor en industrias. Gracias a las propiedades inherentes sobre su aplicación al suelo secuestran el carbón, mejoran la calidad de los suelos y es beneficioso a corto y largo plazo para evitar efectos perjudiciales. Algunos autores indican algunos beneficios del biochar (Moreno J, et al, 2014 pág. 17)

**Tabla N° 1.** Lista de algunos autores que indican algunos beneficios del biochar

<b>Beneficio observado</b>	<b>Autores que lo afirman</b>
Mejora de la fertilidad de algunos suelos	Verheijen y col. (2010) Jeffery y col. (2011) Kookana y col. (2011) Biederman y Harpole, (2013)
Aumento de pH de suelos ácidos	Jeffery y col. (2011)
Aumento de disponibilidad de nutrientes para plantas	Major y col. (2010)
Incremento de la retención de agua	Busscher y col. (2010) Liu y col. (2012)

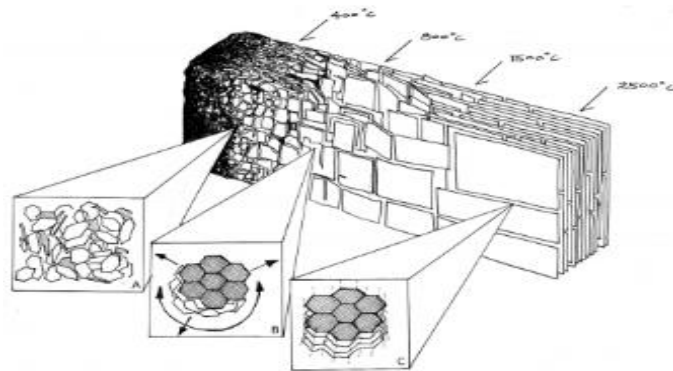
**Fuente:** Moreno J, et al., 2014. Pág.17

Las propiedades del biochar, tiene una gran variedad para la producción del biochar con diferente materia prima: estiércol de diferentes animales, cascaras, residuos de cultivo y madera etc. La producción del biochar es por medio de la pirolisis con diferentes tipos de materia prima el cual contienen carbono. La capacidad de cada materia prima influye en las propiedades químicas, físicas y medioambientales (Kwak J, et al, 2019) . Por ende la aplicación del biochar al suelo tiene un potencial sumidero de carbono. El proceso de pirolisis del biochar y su condición pueden determinar las propiedades físico-químicas (composición, distribución de partículas y su porosidad). Hay una variedad en las propiedades, partículas y una de las principales en los procedentes del biochar de distintos tipos de materia prima y bajo distintas condiciones de pirolisis. (Moreno J, et al, 2014 pág. 17)

La elaboración de biochar mediante la pirolisis se considera una alternativa para un equilibrio de carbono negativo, en el proceso de pirolisis se tiene la ausencia de oxígeno para la transformación de la materia orgánica en biochar y productos volátiles (Jin W, et al, 2019). La producción de biochar a partir de los residuos de cascaras, vegetales o de excremento de animales son integrados al suelo para brindar un almacenamiento de carbono estable (Qin C, et al, 2019). Podríamos eliminar en CO<sub>2</sub> del medio ambiente ya que se asimila durante el crecimiento de las plantas, y el carbono permanecería en el suelo con el biochar, impidiendo llegar a la atmosfera por descomposición. Asimismo, los derivados del proceso de pirolisis (gas y aceites/bioaceites) podemos utilizarlos como combustibles renovables en remplazo de los combustibles fósiles. (Moreno J, et al, 2014 pág. 20)

El biochar tiene una estructura molecular que puede crear su área superficial y porosidad. Los carbones, carboncillos y coques etc., tienen partículas cristalinas de

tamaños de nanómetros de diámetro compuestas con capas similares al grafito dispuestas turbostráticamente (las capas no están alineadas). La estructura del biochar determinada por difracción de rayos X es de naturaleza amorfa, que contiene alguna estructura cristalina de compuestos aromáticos conjugados (Zhang P, et al, 2019). Las áreas cristalinas se pueden visualizar como pilas de hojas aromáticas planas de manera aleatoria al igual que el grafito son buenos conductores a pesar de su pequeño tamaño. Los otros componentes no conductores de la matriz del biochar C son los orgánicos aromáticos alifáticos (incluido los residuos orgánicos volátiles) y los compuestos minerales (ceniza orgánica). Esto se complementa con los vacíos, formados como poros o grietas de origen de la biomasa, el aumento de temperatura de 250 °C a 500 °C en el proceso de pirolisis aumenta los cristales y su área de superficie debido a la evolución creciente de los volátiles de la cascara de pistacho, que mejora los poros en el biochar (Lehmann J y Joseph S., 2009. Pág. 18). Figura 1: Ideal biochar de la estructura del biochar con la mayor temperatura de tratamiento (HTT): (a) Mayor proporción de C aromática, altamente desordenada en masa amorfa; (b) láminas de crecimiento de carbono aromático conjugado, dispuestas turbostráticamente; (c) la estructura se convirtió en gráfitica con orden en la tercera dimensión.



**Figura N° 1:** Estructura del Biochar (Lehmann J y Joseph S., 2009 pag 18)

El biochar tiene la capacidad de poder reducir e inmovilizar la movilidad de los metales pesados en suelos contaminados lo cual favorece en reducir el riesgo de absorción que tiene las plantas de los metales que se pueden encontrar en los suelos. En estudios ya realizados se demostró que el biochar, puede reducir As, Cd y Pb en suelos contaminados además de aumentar el carbono orgánico disuelto (Tang J, et al, 2019). Las características del biochar dependen de la materia prima



y de las condiciones de pirolisis, no hay un tipo de biochar para poder remediar un suelo contaminado con varios tipos de metales pesados (Zhang Q, et al, 2019).

En la siguiente tabla nº2 observaremos como el efecto del biochar varia con los diferentes tipos de productos de biochar, así como con los diferentes tipos de metales pesados en el suelo (Zhang X, et al, 2013)

**Tabla Nº2:** Efecto de la aplicación de biochar en la movilidad de metales pesados en Suelos

Materia Prima	reducción Disponib	Contaminante	Efecto
Bambú	no disponible	Cd	efecto combinado de la electrocinética, eliminación del Cd extraíble en un 79,6% en 12 días
Madera Dura	450 ° C	As, Cd, Cu, Zn	reducción de Cd en el agua de los poros del suelo por 10 veces; Las concentraciones de Zn redujeron 300 y 45 veces, respectivamente, en las pruebas de lixiviación en columna.
Madera Dura	450 ° C	As, Cd, Cu, Pb, Z	la cobertura de la superficie del biochar mejora la movilidad de As y Cu en el perfil del suelo; Poco efecto en Cd y Pb
Madera	200 °C y 400 °C	Cd, Zn	reducción de la pérdida por lixiviación de Zn y Cd en > 90%.

**Fuente:** Zhang, X. et al., (2013)

En su investigación (Zhang X, et al, 2013) para determinar la toxicidad en los suelos y el riesgo que puede tener al ingresar a la cadena alimentaria se debe saber la biodisponibilidad de los metales pesados.

Estudios ya realizados han podido demostrar que la aplicación del biochar es efectiva en inmovilizar distintos metales pesados en suelos, reduciendo así la biodisponibilidad y la fitotoxicidad de los metales.

Se evaluó el potencial del biochar aplicando a relaves mineros para mejorar la toxicidad de metales pesados, se aplicó biocombustibles procedentes de residuos de ciruelas en diferentes porcentajes (0%, 1%, 5% y 10% de biochar en los relaves mineros), se pudo desmotrar que el pH, intercambio catiónico y la capacidad de retención de agua aumentaron de acuerdo a medida que se aumentaba las cantidades de biochar y disminuía la biodisponibilidad de Cd, Pb y Zn de los relaves mineros (Zhou J, et al, 2008). Los biochares procedentes de los desechos de abono verde y de pollo demostraron la capacidad de reducir significativamente la captación de Cd, Cu y Pb (Park J, et al, 2011). En la tabla nº3 resume el efecto de

diferentes tipos de biochar en la biodisponibilidad y absorción diferentes contaminantes.

**Tabla N°3: Tipos de Biochar y metales absorbidos**

Materia Prima	Temperatura de Produccion	Contaminante	Efecto
Tallos de algodón	450 °C	Cd	Reducción de la biodisponibilidad de Cd en el suelo por adsorción y co-precipitación
Madera dura	400 °C	As	Reducción significativa de As en el follaje de Miscanthus.
Eucalipto	550°C	As, Cd, Cu, Pb, Zn	Disminución del As, Cd, Cu y Plomo en los cultivos de maíz.
Residuos de ciruela	500°C	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	Reducción significativa de la biodisponibilidad de Cd, Pb y Zn. Mostrando una mayor reducción con el Cd; y un incremento en el pH, CIC y capacidad de retención de agua.
Estiércol de gallina y residuos verdes	550°C	Cd, Cu, Pb, Cr	Reducción significativa de acumulación de Cd, Cu y Pb. Suelo mejorado, reducción de Cr (IV) a Cr (III).
Lodos residuales	500°C	Cu, Ni, Zn, Cd, Pb	Reducción significativa en la disponibilidad para las plantas de los metales estudiados.
Paja de arroz	No es claro	Cu, Pb, Cd	Reducción significativa en las concentraciones de Cu, Pb y Cd en suelos contaminados; identificados de grupos funcionales en el biocarbón con alta calidad de adsorción de Cu.
Madera de roble	400°C	Pb	Reducción de la biodisponibilidad en un 75.8%

**Fuente:** Zhang, X. et al., (2013)

Para el proceso de la pirolisis es un método de reciclado de diferentes residuos (vegetal, animal o cascaras), combustión y gasificación. Este proceso es la descomposición físico química de la materia orgánica por acción del calor y con ausencia de aire, a diferencia de la combustión y la gasificación (Martinez M, et al, 2019). Los gases que se producen mediante el proceso de la pirolisis son combustibles como el metano e hidrocarburos ligeros. En el proceso de gasificación se puede obtener por medio de los vapores que al ser enfriado forman un residuo de aceite/alquitrán los cuales pueden servir como combustibles (Montoya J, et al., 2014). El residuo solido está constituido principalmente por carbono, por lo que es el producto de máxima degradación térmica. En su investigación San Miguel y Gutiérrez (2015) mencionan las etapas más importantes en el proceso de la pirolisis:

- Etapa de secado ( $T^{\circ} < 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se evapora el agua y los extractos ligeros presentes en la biomasa. Reduciendo el consumo energético en la etapa de pre-secado.
- Etapa de deshidratación ( $T^{\circ} = 200\text{-}300^{\circ}\text{C}$ ), deshidratación de los polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa), se generan gases permanentes ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , agua,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , etc.)
- Etapa pirolítica ( $T = 250\text{-}600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), descomposición térmica de los polímeros de la biomasa (celulosa, hemicelulosa y lignina), se forman compuestos orgánicos volátiles, gases permanentes.
- Etapa de carbonización ( $T^{\circ} = 400\text{-}800^{\circ}\text{C}$ ), se forman compuestos de mayor peso molecular (material carbonizado), formando el carbón vegetal.

Para el tipo de pirolisis rápida tiene alguna característica como la velocidad de calentamiento elevada y el poco tiempo de residencia del vapor en el proceso, otra característica que se debe tener en cuenta es el tamaño del material debe ser pequeño o mediano y homogéneo (Moreno J, et al., 2014).

El proceso de pirolisis lenta es diferente entre los demás procesos tradicionales de fabricación de carbón vegetal y otros procesos. Una de las principales características del proceso de pirolisis lenta es la utilización de las bajas velocidades de calentamiento y el tiempo de residencia más largo el carbón como para los gases. La temperatura para este proceso es menor a  $400^{\circ}\text{C}$  (Moreno J, et al., 2014).

Las excretas porcinas son un peligro para el ambiente como para la salud humana si no recibe un tratamiento, también se considera un gran potencial para la reutilización y reducir la contaminación de cuerpos receptores (Domínguez G. et al., 2014)

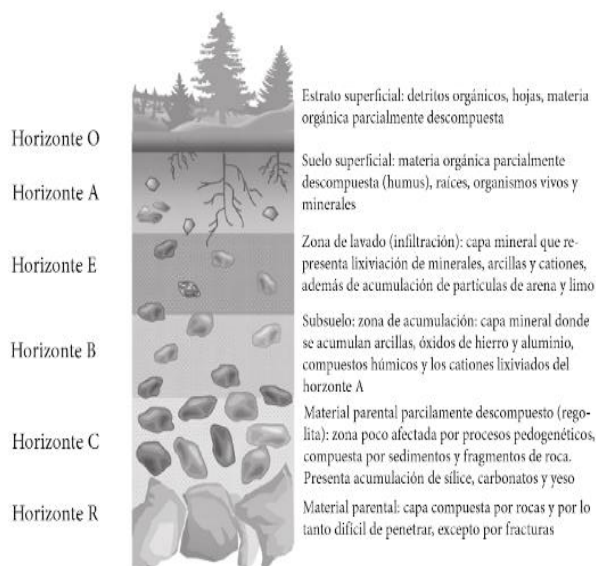
Es muy importante conocer la composición de las excretas porcinas, ya que podemos determinar para distintos usos agrícolas, pecuarios o industriales. En la tabla n<sup>o</sup> 4 se menciona la composición nutritiva de las excretas porcinas (Domínguez G, et al., 2014).

**Tabla N°4:** Composición nutritiva de las excretas porcinas

Concepto	%
Materia Seca	26.43
Proteína Cruda	15.87
Extracto Etéreo	4.69
Fibra Cruda	17.52
Cenizas	12.05
Extracto Libre de Nitrógeno	49.87
Calcio	.61
Fósforo	1.36
Nutrientes digestibles totales	71.20
Pared celular	44.00

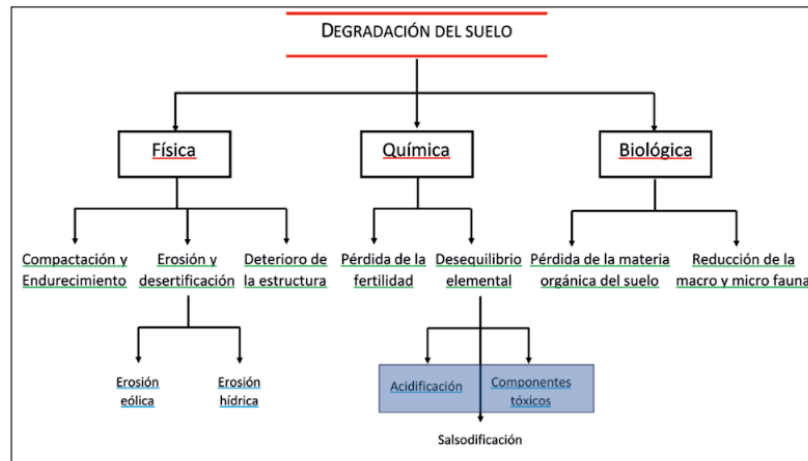
**Fuente:** (Cobos et al. 1988)

El suelo es un cuerpo natural compuesto por sólidos (minerales y orgánico) líquidos y gases, constituye uno de los recursos naturales más importantes ya que cumple distintas funciones para la actividad, producir alimentos y tiene un papel importante para el sostén de la vida (Bunemann E, et al, 2018). El suelo tiene diferentes tipos de capas u horizontes por el resultado de pérdidas, adiciones o transferencia de materia a lo largo del tiempo (Volke T, et al., 2015) En la figura n°2 apreciaremos el perfil del suelo.



**Figura N°2.** Perfil del suelo

Cuando el suelo alcanza su estado de madurez puede permanecer en dicho estado por años, pero sin embargo dicho estado puede romperse por la acción antrópica (agricultura, minería, industria, etc), (Jiménez R, 2017). En la figura nº3 se nombra los tipos de degradación de suelos.



**Figura Nº 3.** Tipos de degradación de suelos

Los metales pesados se pueden encontrar en el ambiente de manera natural o por medio de la intervención del hombre son expuestos al medio ambiente por procesos de extracción de minerales que son echados sin ningún tipo de tratamiento alguno (Peng H, et al, 2019).

Algunas características de los metales pesados destacan:

- Su elevada persistencia en el medio
- Todo provocan daños ambientales a determinadas concentraciones
- Suelen presentar efectos sinérgicos, su actividad es menor cuando se presentan solos que cuando aparecen con otros metales.

Para aumentar la productividad de los suelos se rocían fertilizantes y plaguicidas en los cultivos agrícolas, estos productos contienen metales pesados como el Cd, Co, Cu y Zn en fertilizantes y Cd, Zn, Pb y Fe para los plaguicidas. La movilidad de dichos metales pesados en los suelos va depender del pH, la materia orgánica y la cantidad de carbonatos que tienen el suelo (Ramos J, 2002).

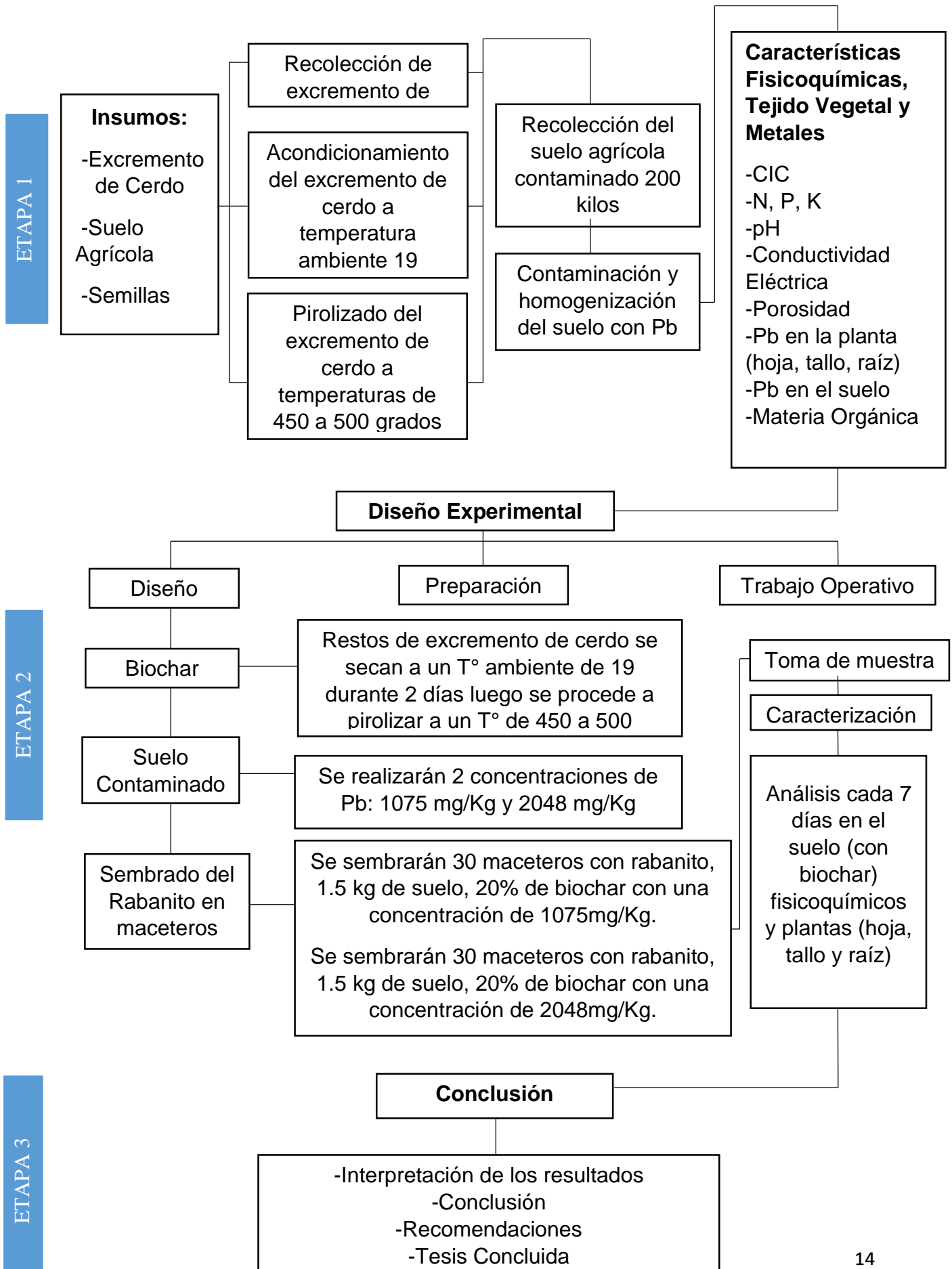
El plomo es un metal toxico presente en el medio ambiente, tiene una alta densidad de 11.35 g/cm<sup>3</sup>, punto de fusión 327.4°C y su punto de ebullición 1.725°C. La

concentración de plomo para los suelos en todo el mundo es de 32 mg kg<sup>-1</sup> y oscila entre 10 y 67 mg kg<sup>-1</sup>. Se utilizan para la fabricación de baterías, soldaduras municiones, cables de red, etc (Vargas Y y Martínez L, 2017).

### **III. Metodología**

Para el presente trabajo, la investigación es cuantitativa ya que el método se centra en los hechos y causas. Que pueden ser analizados estadísticamente para verificar aprobar o rechazar las relaciones entre variables y los resultados (Muñoz R. 2018).

**Figura N°4. Flujo Grama de Investigación**



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

**Tipo Aplicada:** Es un tipo de investigación que sirve para tomar acciones y establecer estrategias, dando alternativas de solución al problema y que pueda contribuir con la sociedad (Mohammad, N. 2005).

**Diseño Experimental:** Es un estudio que requiere la manipulación intencional de una o más variables independientes, para observar el comportamiento de las variables dependientes. (Gómez, M. 2006).

**Nivel Explicativo:** Es un tipo de estudio que va más allá de la descripción o fenómenos, están dirigidos a responder a distintas causas de eventos. Uno de sus objetivos es el poder explicar por qué ocurren estos eventos y en qué condiciones se encuentran.

### **3.2 Variables y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variables**

##### **Variable Independiente**

X<sub>1</sub>: Uso del Biochar de estiércol de cerdo

##### **Variable Dependiente**

Y<sub>1</sub>: Retención de Pb en el suelo



2.2.2. **Tabla N°5. Operacionalización**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: USO DEL BIOCHAR DE ESTIERCOL DE CERDO.	El biochar es un material carbonizado obtenido a partir de biomasa vegetal, altamente poroso obtenido mediante la descomposición térmica de la materia orgánica en un bajo contenido de oxígeno y con una temperatura de <700°C (Lehmann y Joseph, 2009)	Se preparará biochar a partir del estiércol de cerdo previamente secado y carbonizado a una temperatura de 450-500 C° para comprobar la capacidad de inmovilización del Pb y en el mejoramiento de la calidad del suelo.	Composición Química	CIC	Cmol (+) /Kg
				Nitrógeno	mg/Kg
				Ph	1-14
			Composición Física	Conductividad Eléctrica	μS/cm
				Porosidad	%
VD: RETENCIÓN DEL Pb EN EL SUELO.	Estudio ya realizados han demostró que el biochar puede reducir As, Cd y Pb en suelos contaminados además de aumentar el carbono orgánico disuelto (Tang, J et al, 2019)	Se realizará 2 tratamiento con suelo contaminado 1075 y 2048 mg/Kg de Pb y se adicionará 20% de biochar, la muestra de suelo contaminado del valle del mantaro la cual se determinará el tratamiento más eficiente en la retención de Pb.	Concentración Pb	Inicio	mg/Kg
				Final	mg/Kg
			Concentración de Pb en Biometría	Hoja	mg/Kg
				Tallo	
				Raíz	
			Composición Físicoquímica	pH	1-14
				Conductividad Eléctrica	μS/cm
				CIC	Cmol (+) /Kg
N, P, K	mg/Kg				
Materia Orgánica	%				

Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1. Población

El área de estudio comprende la localidad agrícola del distrito de Muqui (margen derecho) del río Mantaro ubicado en la Provincia de Jauja, Región Junín – Perú.

#### 3.3.2. Muestra

Para el presente estudio se recolecto 100 kilos de suelo agrícola de la Muestra T1 con coordenadas E: 0453713 N: 8692470 y 100 kilos de suelo agrícola de la Muestra T2 con coordenadas E: 0453817 N: 8691784 contaminado con Pb en el distrito de Muqui, siguiendo la metodología para el muestreo de suelo en la Guía Para Muestreo de Suelos (D.S N° 002-2013-MINAM).

**Figura N°5.** Lugar de estudio



**Fuente:** Google Maps

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### 3.4.1 Técnica

La técnica a usarse es la observación y experimentación, ya que me va permitir mediante la adición del biochar de excretas porcinas poder determinar si es capaz de poder retener el Pb en el suelo agrícola contaminado.

### 3.4.2 Instrumentos

-Ficha de recolección de datos (Elaboración propia)

### 3.4.3 Validez

**Tabla N° 6:** Validez de equipos

NOMBRE	USO	MARCA	AÑO
COLORIMETRO - pH	Es un instrumento que está diseñado para registrar un valor de 0 a 7 que mide la actividad de iones en soluciones indicando el alcance ácido o alcalino. (Jeanneret,2015)	D7011779	2017
Balanza Analítica	La balanza es un instrumento en los laboratorios de uso común que determinan masas. Hay varios tipos de balanzas pero las más utilizadas son las electrónicas y las analíticas (Villa R, 2013, pág. 41).El propósito de la balanza es determinar la masa de diferentes sustancias, la sensibilidad de una balanza depende de su capacidad, diseñada para pesar en kg difícilmente su sensibilidad podrá registrar pesos en miligramos (Osorio R, 2012 pág 29) La balanza analítica tiene una característica muy importante que su margen de error es mínimo, lo cual son ideales para mediciones precisas (Corrales F, 2010. pág. 15).	AES 200	2017
Estufa	La estufa es un equipo que está destinado al secado de material de vidrio y compuestos sólidos que requieren relativamente bajas <150 °C (Chen Y, et al, 2014 pág 38).Es un instrumento de laboratorio capaz de mantener una temperatura determinada, durante un cierto tiempo y que es utilizada para secar y esterilizar recipientes, la cual su temperatura es mayor a la del ambiente quitando humedad (Casado, E. 2012 pág 51) La estufa es un instrumento que se emplea para esterilizar o secar materiales de		

	metal o vidrio que son empleados (Osorio R, 2012 pág 54)		
Mufla	La estufa es un equipo que está destinado al secado de material de vidrio y compuestos solidos que requieren relativamente bajas <150 °C (Chen Y, et al, 2014 pág 38).Es un instrumento de laboratorio capaz de mantener una temperatura determinada, durante un cierto tiempo y que es utilizada para secar y esterilizar recipientes, la cual su temperatura es mayor a la del ambiente quitando humedad (Casado, E. 2012 pág 51) La estufa es un instrumento que se emplea para esterilizar o secar materiales de metal o vidrio que son empleados (Osorio R, 2012 pág 54)		
Conductímetro	Es un instrumento utilizado para medir las sales que se encuentran presentes en una muestra, las unidades de medidas son uS/cm o mS/cm respectivamente. (Moret, 2012)	Basic	2017
Agitador Magnético	El presente instrumento permite una agitación uniforme que permite mezclar distintas sustancias liquidas mediante una agitación magnética. (Riehn,2013)	D7011779	2017

Fuente: Elaboración propia, 2019

#### 3.4.4 Confiabilidad

Los resultados de los análisis Fisicoquímicos y Plomo fueron analizados en un laboratorio ambiental, los resultados obtenidos nos permitirán saber la eficiencia del biochar para la retención del Pb en los suelos agrícolas contaminados.

### 3.5 Procedimientos

#### Recolección del material precursor

Se recolectaron 20 kg de excretas porcinas de los cuales comprenden criaderos de cerdo en la zona de Jicamarca en San Juan de Lurigancho, se realizó la caracterización para conocer sus propiedades fisicoquímicas. Las excretas

porcinas fueron pre-secadas por 2 días a temperatura ambiente para luego proceder ser pirolizado.

### **Temperatura y tiempo de pirolisis**

Las excretas porcinas fueron pirolizados por un tiempo aproximado de 1 hora en un horno a una temperatura entre 450 – 500 °C la cual fue monitoreado por un termómetro digital por 1 hora. Luego de haber obtenido el biochar fue secado a una temperatura ambiente por 24 horas para luego ser triturado y ser adicionado al suelo contaminado.

**Figura N°6.** *Carbonizado de las Excretas Porcinas*



**Figura N°7.** *Biochar a partir de las Excretas Porcinas*



### **Obtención y Preparación de la Muestra de Suelo**

El suelo contaminado se recolecto un total de 200 kg de suelo superficial (0-20 cm) de profundidad en el distrito de muqui (margen derecho) del rio Mantaro en la Provincia de Jauja, Región Junín, siguiendo la guía metodológica para el muestreo de suelo DS N° 022-2013-MINAM. Una vez recolectado el suelo se procedió a homogenizarlo y posteriormente a analizarlo en un equipo de adsorción atómica,

separaron 60 porciones para luego saber la concentración del Pb en su matriz, luego de haber analizado el Pb se procedió a realizar el análisis fisicoquímico del suelo.

**Figura N°8.** *Recolección del suelo y homogenización del suelo*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### **Planta Bioindicadora y sus características**

Para la investigación se utilizó la especie rabanito (*Raphanus sativus*) como planta bio indicadora, las semillas se adquirieron en la Universidad Nacional Agraria la Molina, 100 semillas que fueron colocadas cuidadosamente a 1 mm en maceteros durante 15 hasta su trasplante, las características de la especie rabanito (*Raphanus sativus*), con tallo ramoso y velludo de seis a ocho decímetros de altura con hojas ásperas y grandes con una raíz ancha.

### **Tratamiento del Suelo**

Para cada maceta se utilizó 1.5 Kg aproximadamente con un 20 % de biochar para cada maceta.

### **Montaje del Cultivo del Rabanito**

Para la evolución de los tratamientos se sembraron plantas de Rabanito (*Raphanus sativus*) en 60 macetas con el suelo contaminado con plomo ya que el rabanito nos servirá como un bio indicador que nos permitirá conocer la eficacia del biochar. El riego se realizará cada 2 días manteniendo el suelo húmedo. Los análisis de plomo en las plantas (hoja, tallo, raíz) se realizarán cada 7 días.

### **Eficiencia de los Tratamientos**

Obtenidos los resultados de los laboratorios para los diferentes tratamientos de biochar se determinará el porcentaje de inmovilización del plomo en el suelo y plantas. Para poder determinar la eficiencia de absorción se calcula a través de la siguiente ecuación: imagen 01: formula

$$\% \text{Eficiencia de Inmovilización} = \frac{Ci \left( \frac{mg}{kg} \right) - Cf \left( \frac{mg}{kg} \right)}{Ci (mg/kg)} \times 100$$

Donde:

- El = Eficiencia en la inmovilización de plomo en el suelo
- Ci = Concentración inicial de plomo en el suelo
- Cf = Concentración final de plomo en el suelo

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Para el presente trabajo de investigación, se utilizará el programa Microsoft Excel , Mnitab Lo cual me permitirá analizar los datos estadísticos y realizar representaciones de tablas y gráficos.

### **3.7 Aspectos Éticos**

El presente trabajo de investigación brinda con autenticidad los resultados mediante los análisis obtenidos en laboratorios con la finalidad de poder contribuir a la sociedad de información de interés y para posibles trabajos de investigación posteriores.

## IV. Resultados

### 4.1 Resultados prueba de normalidad

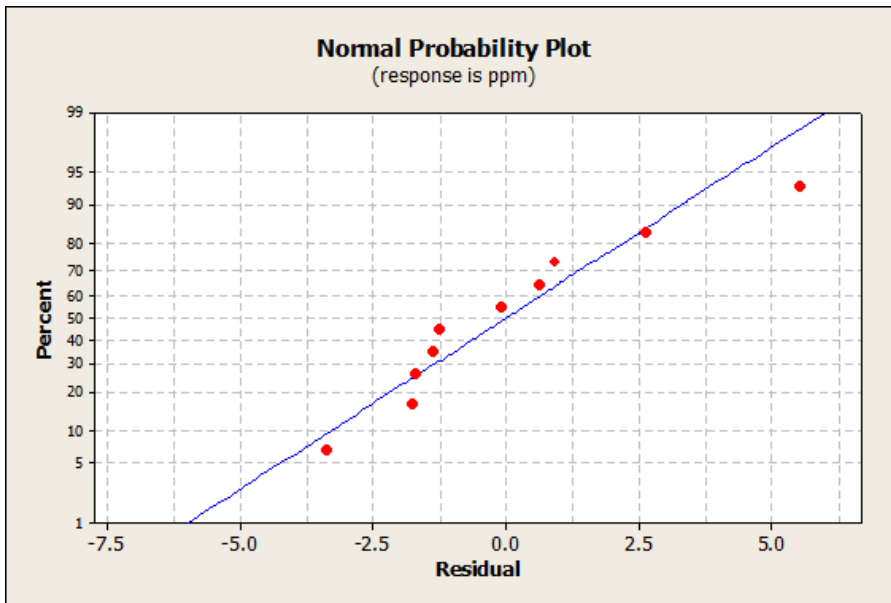


imagen 02:

p valor >0.05. el grupo funcional de datos son normales.

Como se observa en la prueba de normalidad con el programa MINITAB, se encuentran agrupados lo cual como resultado indica que los datos son normales.

### 4.2 Paired samples

Paired Samples T-Test			statistic	df	p	Mean difference	SE difference	Lower	Upper	Cohen's d
"T1S"	"T1B"	Student's t	-10.53	14	<.001	-4.03	0.383	-4.86	-3.21	-2.72
"T2S"	"T2B"	Student's t	-8.22	14	<.001	-2.68	0.326	-3.38	-1.98	-2.12

Test of Normality (Shapiro-Wilk) imagen 03

		W	p
"T1S"	"T1B"	0.841	0.013
"T2S"	"T2B"	0.925	0.228

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of normality

El primer tratamiento resulto significativo ya que es  $p < 0.005$  y el segundo tratamiento da igual tratarlo, se requerirá más tiempo para su cambio con el tratamiento de biochar.



### 4.3 Resultados de la Composición Físicoquímicos del suelo

**Tabla N°7.** Resultados de la Composición Físicoquímicos del suelo para las Concentraciones C1 - C2

Parámetro	Unidades	Resultado Concentración 1	Resultado Concentración 2
Plomo	mg/Kg	1075	2048
Conductividad Eléctrica	μS/cm	8.01	7.89
pH	1-14	8.10	8.03
Materia Orgánica	%	2.51	2.21
CIC	C mol (+) / Kg	19.5	23.2
Nitrógeno	mg/Kg	60.2	53.40
Fosforo	mg/Kg	27.1	23.80
Potasio	mg/Kg	238.3	236.10

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis físicoquímicos del suelo de las concentraciones 1 y 2 se observa una concentración de Pb en la concentración 2 y algunas concentraciones con un margen mínimo.

### 4.4 Resultados de la caracterización del biochar de excretas porcinas

**Tabla N° 8.** Resultados de la caracterización del biochar de excretas porcinas

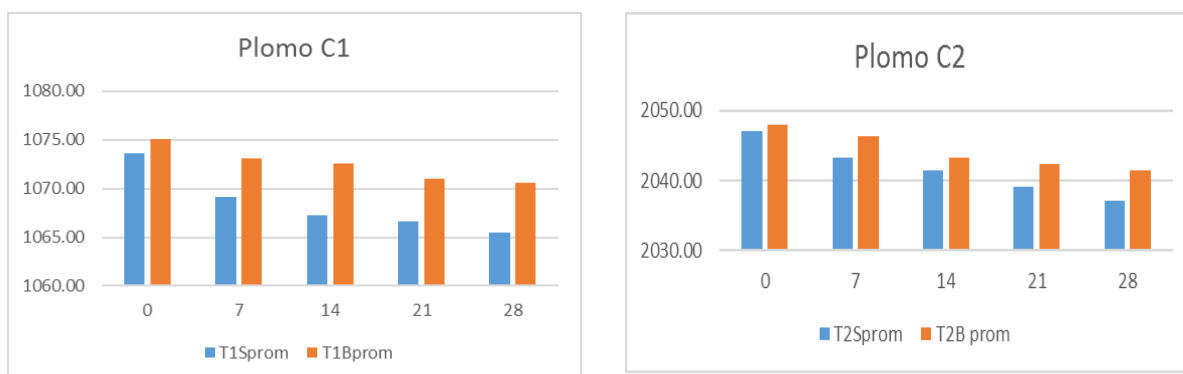
Parámetro	Unidades	Resultado
Conductividad Eléctrica	μS/cm	23.01
pH	1-14	8.70
Materia Orgánica	%	6.99
CIC	C mol (+) / Kg	60.2
Nitrógeno	mg/Kg	1.02
Fosforo	mg/Kg	184.2
Potasio	mg/Kg	15.5

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

La caracterización del biochar tiene un alto contenido de fosforo, conductividad eléctrica y un pH alcalino.

## 4.5 Resultados de la concentración de Plomo en Suelos

**Tabla N° 9.** Resultados de Plomo para las concentraciones C1 y C2



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los resultados de las concentraciones C1 y C2 de Plomo en los suelos se aprecia una mejor retención del plomo en la concentración C1 en donde el biochar fue aplicado, los resultados de la concentración C2 se observa una leve retención de plomo.

**Tabla N° 10** Resultados de Eficiencia de Inmovilización de las concentraciones C1 y C2

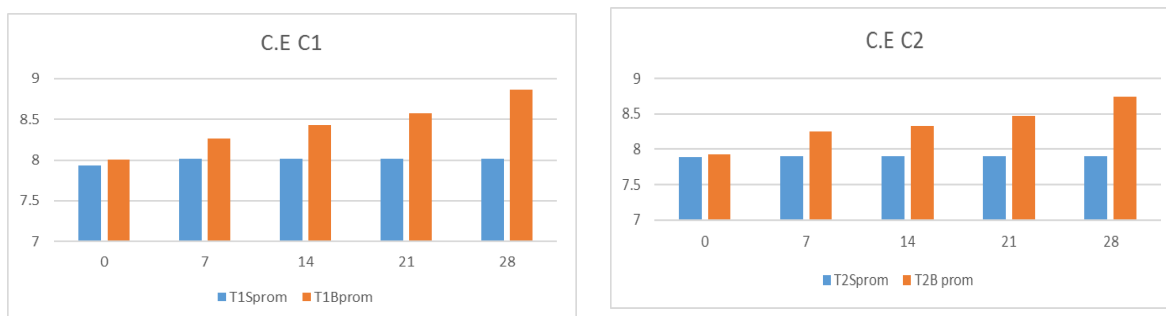
	Promedio SB	Promedio CB	Eficiencia %	Promedio SB	Promedio CB	Eficiencia %
TIEMPO	T1Sprom	T1Bprom		T2Bprom	T2Sprom	
0	1073.67	1075.07	99.81	2047.00	2047.97	99.97
7	1069.17	1073.13	99.82	2043.20	2046.33	99.91
14	1067.30	1072.60	99.77	2041.50	2043.27	99.67
21	1066.63	1071.00	99.62	2039.03	2042.30	99.72
28	1065.43	1070.57	99.58	2037.10	2041.37	99.67

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

En la tabla N° 10 se aprecia los resultados de la eficiencia de inmovilización de las concentraciones 1 y 2 destacando la mayor eficiencia de 99.97%

## 4.6 Resultados de la concentración de Conductividad Eléctrica

**Tabla N° 11. Resultados de la Conductividad Eléctrica para las concentraciones C1-C2**



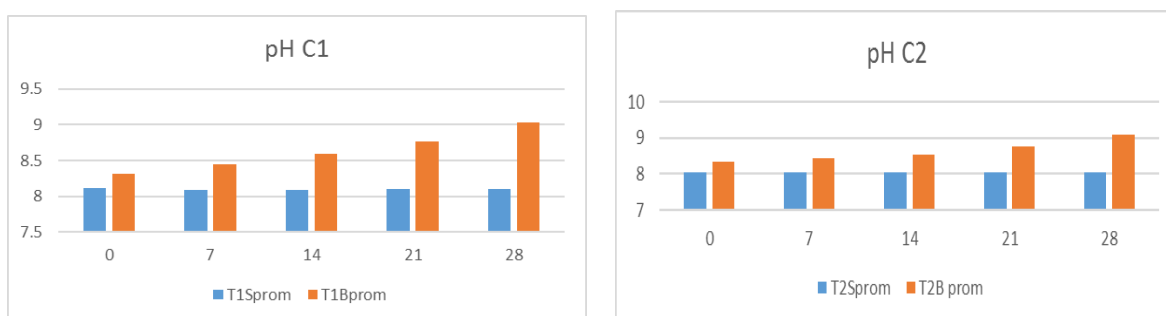
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

En la tabla N° 11 se observa en la concentración C1 y C2 un mayor grado de crecimiento a comparación de las demás ya que donde se registró mayor aumento es donde se adiciono el biochar.

#### 4.7 Resultados de la concentración de pH

**Tabla N°12. Resultado de Ph para las concentraciones 1 - 2**



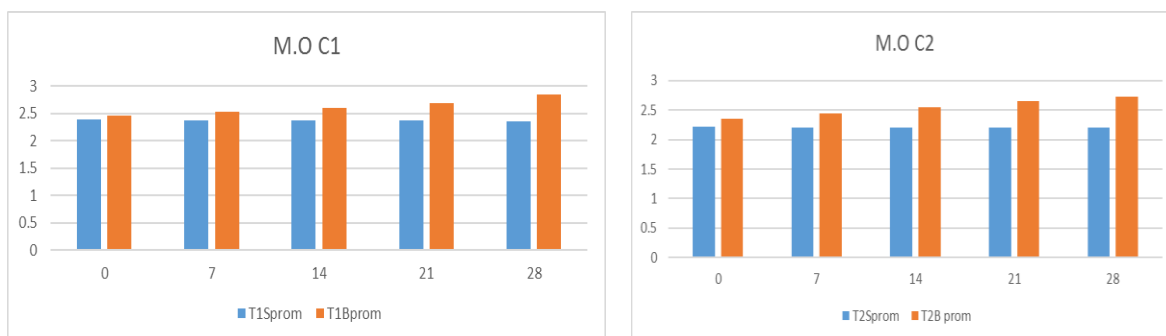
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis del pH se observa un mayor aumento en las últimas semanas de la C1 a comparación de la C2 donde se registrar un leve aumento.

#### 4.8 Resultados de la concentración de Materia Orgánica

**Tabla N° 13. Resultados de Materia Orgánica para las concentraciones C1 – C2**



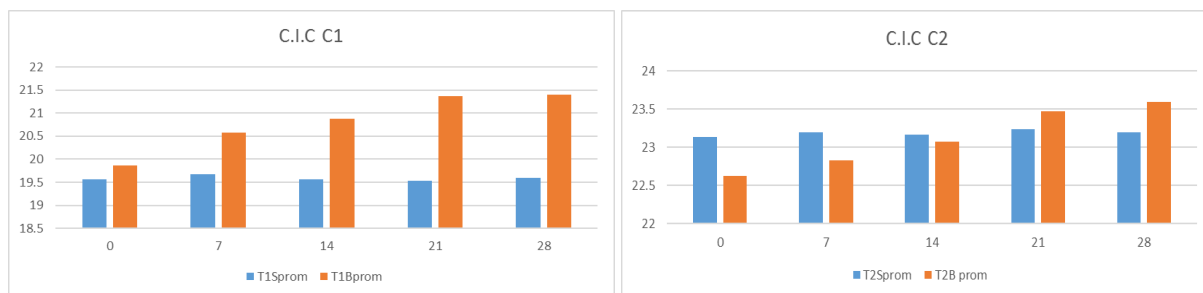
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis de la Materia Orgánica se observa un mayor aumento en los tratamientos C1 y C2.

#### 4.9 Resultados de la concentración de Capacidad de Intercambio Catiónico

**Tabla N°14.** Resultados de la Capacidad de Intercambio Catiónico para las concentraciones C1 – C2



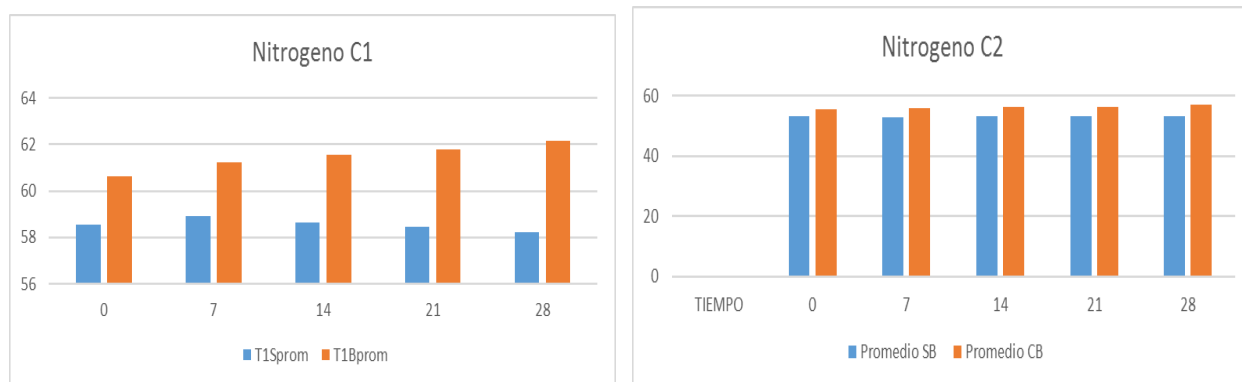
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Los resultados de Capacidad de Intercambio catiónico se observa un aumento significativo en las macetas con contenido de biochar.

#### 5.0 Resultados de la concentración del Nitrógeno

**Tabla N°15.** Resultados de Nitrógeno para las concentraciones C1 – C2



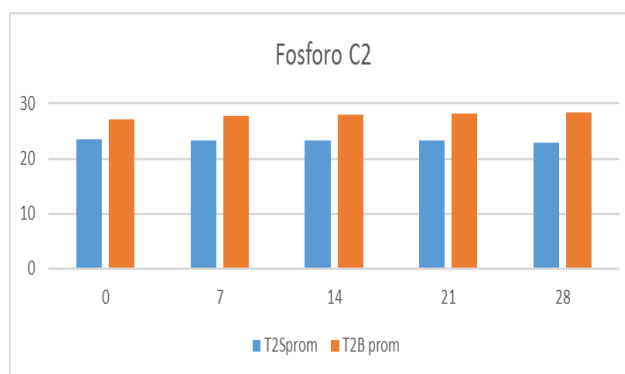
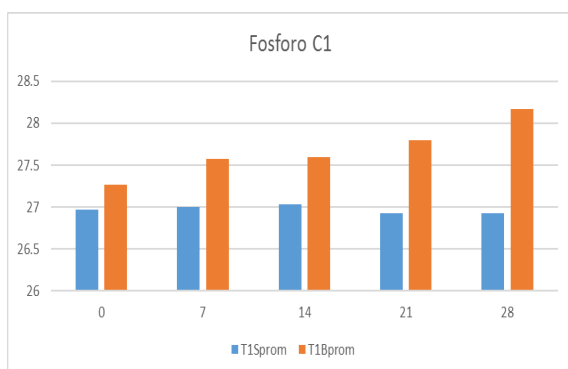
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis de Nitrógeno se observa una mayor concentración el tratamiento C2 con sus respectivas replicas.

#### 5.1 Resultados de la concentración del Fosforo

**Tabla N°16. Resultados de Fosforo para las concentraciones C1 – C2**



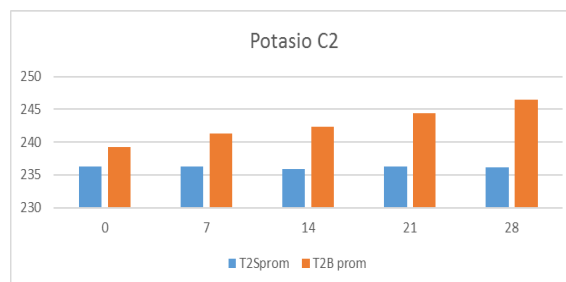
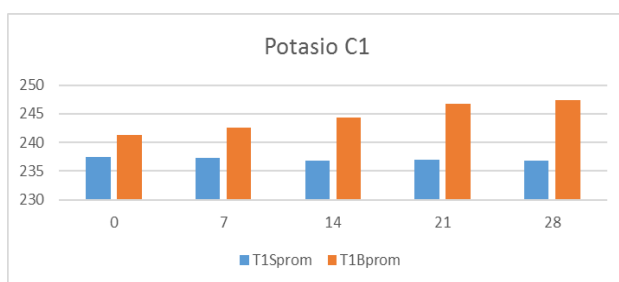
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis de Fosforo se observa un mayor aumento en los tratamientos C1 donde se adiciono biochar.

## 5.2 Resultados de la concentración del Potasio

**Tabla N°17. Resultados de Potasio para las concentraciones C1 – C2**



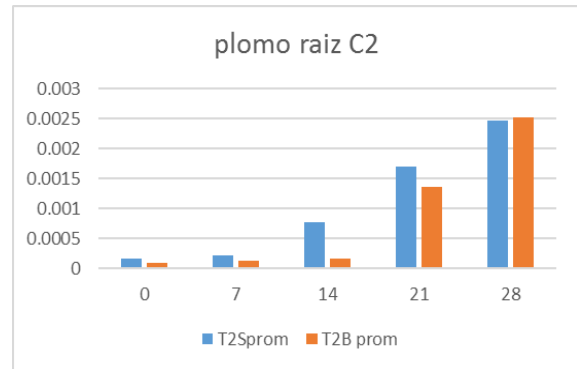
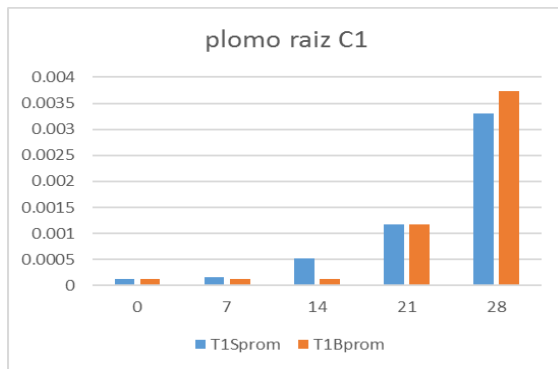
**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis de Potasio se observa una mayor concentración en el tratamiento C2 y sus réplicas.

## 5.3 Resultados de Plomo en Raíz, Tallo y Hoja

**Tabla N°18. Resultados de Plomo en Raíz**

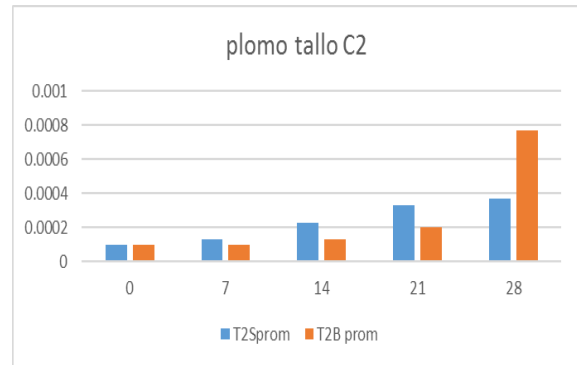
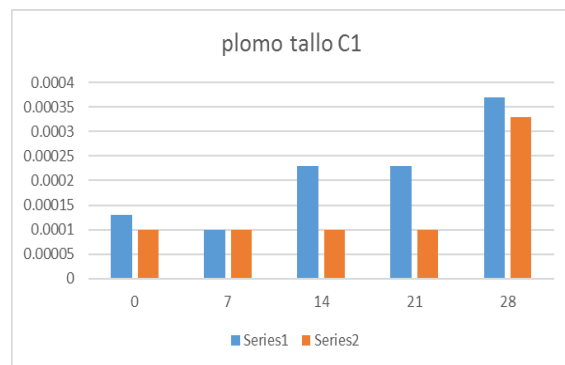


**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los análisis de Plomo en raíz se observa que el día 14 de la C1 se tiene un aumento considerable al igual que el día 21 de la C2.

**Tabla N°19. Resultados de Plomo en Tallo**

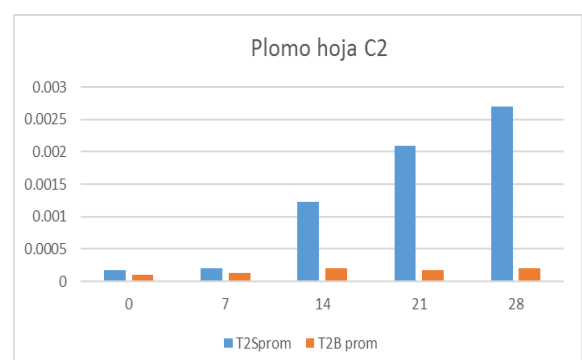
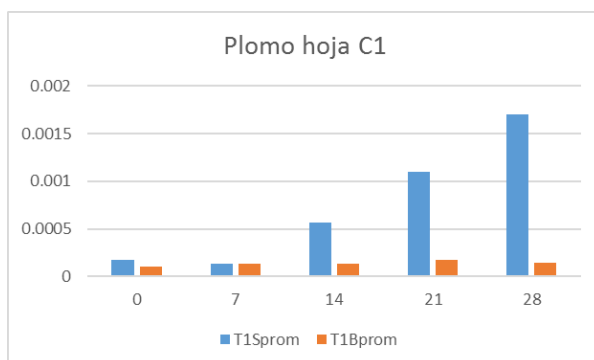


**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los resultados de plomo en el tallo se puede apreciar un aumento en los días 14, 21 y 28 para la C1 mientras que para el C2 se registra un aumento en el día 28.

**Tabla N°20. Resultados de Plomo en Hoja**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

Para los resultados de Pb en hoja se aprecia un aumento en la concentración 2 y concentración 1 respectivamente.

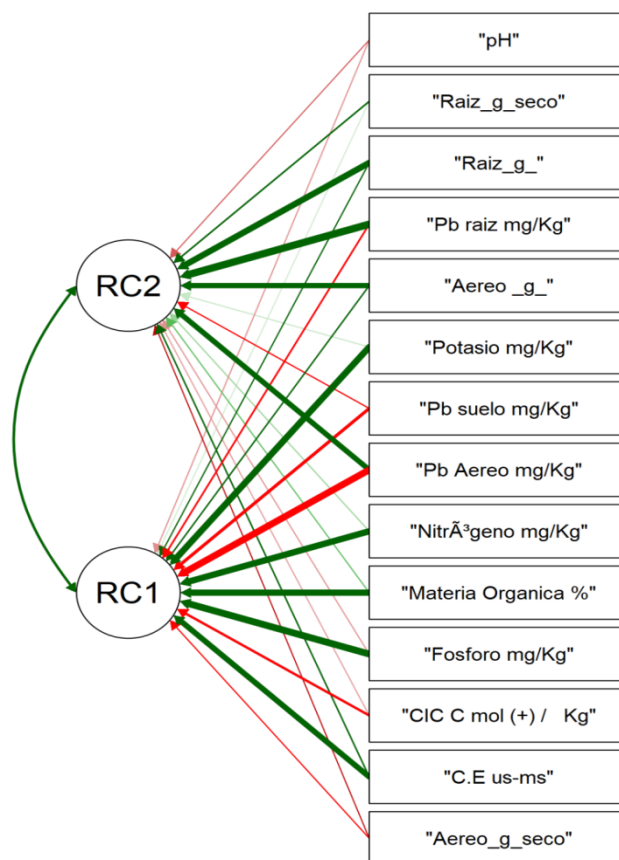
#### 5.4 Tabla 21: Resultados de porcentaje de porosidad en el biochar

Peso muestra (g)	Agua de saturación (mL)	% porosidad total	Agua retenida (mL)	% volumen microporos	% volumen macroporos
20.0016	12.8	63.99	5.87	29.35%	34.6%
40.0013	25.6	64.00	11.94	29.85%	34.1%
50.0092	32.3	64.31	14.87	29.73%	34.6%
60.0008	37.9	63.17	17.54	29.23%	33.9%
80.0032	50.6	63.25	24.45	30.56%	32.7%
100.0041	62.4	62.40	28.87	28.87%	33.5%

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

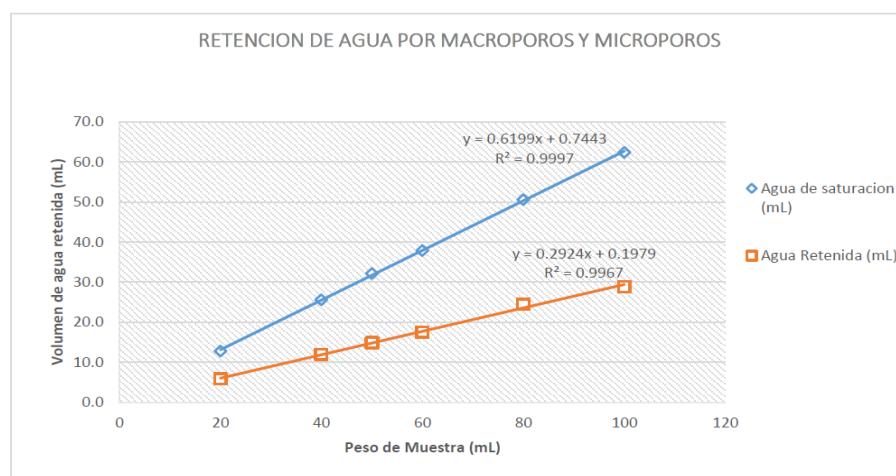
Para los resultados de porcentaje de porosidad se observó un mayor porcentaje de volumen de macro poros como micro poros ya que son fundamentales para poder inmovilizar el metal en el suelo.

## V. Discusión de Resultados



El diagrama de redes nos arrojó como resultados 2 componentes RC1 que agrupo los parámetros físico químicos del suelo “parámetros fisicoquímicos” mientras que el componente RC2 nos agrupo los parámetros analizados en planta al cual se le denomino componentes del bioindicador. Con un  $p < 0.001$ , que indica una enorme confianza.

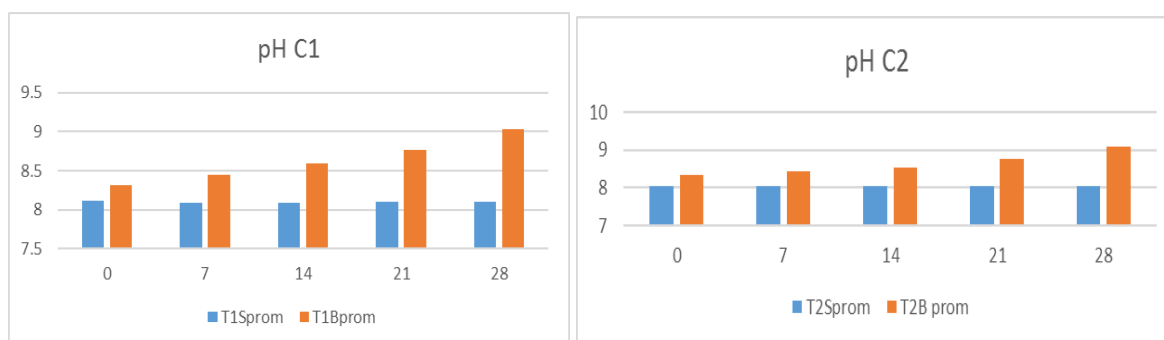
**Figura N°9:** Retención de agua en porosidad de micro y macroporos



El resultado obtenido del grado de porosidad del biochar de cerdo fue de un 63.52 % respectivamente, en su investigación (Velasco U. et. al. 2016) fabrico un biochar a base de huesos de cerdo usando distintos tipos de ácidos y la relación de impregnación del material, el tratamiento con el ácido a 0.2 mmol de ácido/ g de precursor fue de un 80 % siendo este uno sus principales propiedades del biochar para la retención de distintos metales.

### 5.1 Propiedades fisicoquímicas del suelo

**Tabla N°22 :** Concentraciones 1 y 2 de pH en el Suelo



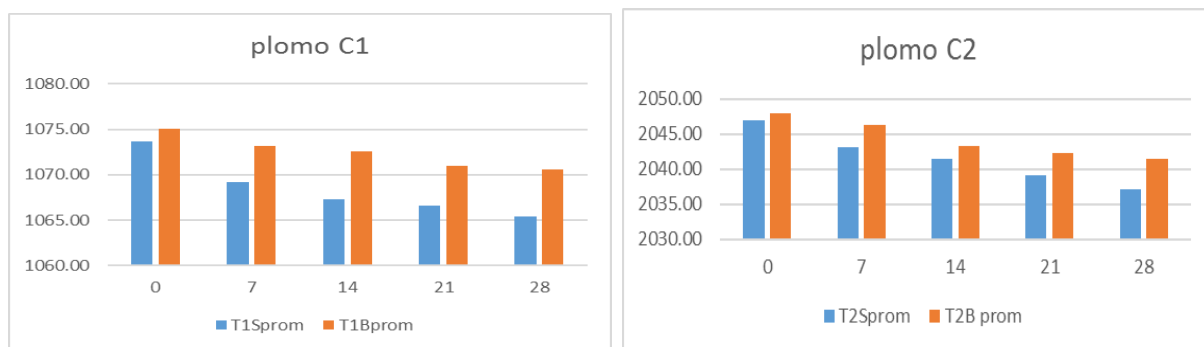
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Fuente:** Elaboración propia, 2019



De acuerdo a la Tabla N° 22 los valores iniciales del pH fueron en aumento en los suelos donde se aplicó el biochar estudios previos (Novak M, et. al 2009) han demostrado que al producir biochar a mayor temperatura los valores de pH aumentan en el suelo. (Cheng H, et al 2019) afirma que la aplicación del biochar genera un aumento en el pH así como otros componentes fisicoquímicos.

**Tabla N°23:** Concentraciones C1 y C2 de Plomo en suelo

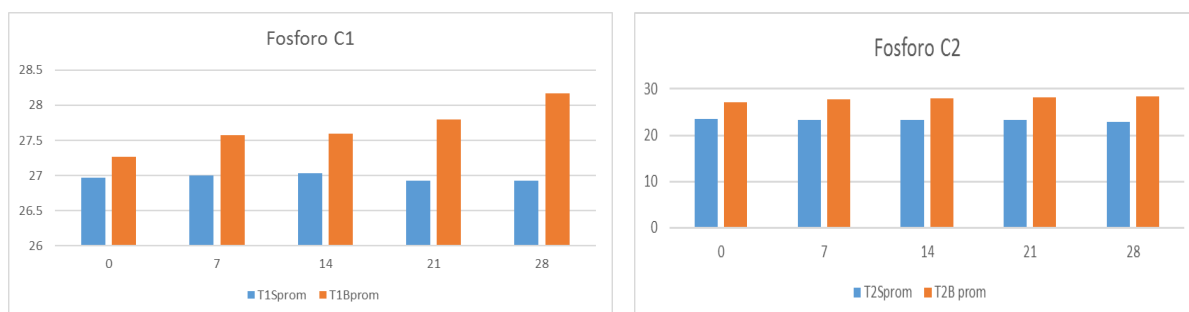


**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Las concentraciones de plomo para todos los tratamientos de suelo fueron muy estables teniendo una eficiencia en la inmovilización del 99.68 % esto debe a una de las propiedades del biochar de cerdo que es la porosidad que son los micro y macro poros, en su investigación (Igalavithana A. et al 2019) produjo biochar a 500 °C mostrando una inmovilización de Pb (87%) en un periodo de 45 días. (Lianshuai T. et.al 2019) afirma en su investigación que el envejecimiento puede conducir cambios en la capacidad de adsorción del Pb del biochar y que estos cambios varían según el tipo de envejecimiento y biochar.

**Tabla N°24:** concentración de fosforo en suelo



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

De acuerdo en la Tabla N° 24 se aprecia que el fosforo tiene un incremento mínimo en los tratamiento 2 y 4, según (Chen H. et. al 2019) en su investigación pudo determinar un aumento de contenido de fosforo disponible en el suelo se debe al aumento del pH.

## VI. Conclusiones

1. Se concluye que el uso del Biochar como agente de retención de plomo actúa de forma eficiente de 99.68 %.
2. Se pudo comprobar que, al transcurrir el tiempo, el Biochar absorbe más Plomo dentro de su composición.
3. Se pudo comprobar que una de las propiedades que genera la retención de plomo en el suelo es la porosidad del Biochar .
4. Se pudo comprobar que las propiedades fisicoquímicas del suelo han mejorado luego se agregarse Biochar.
5. Se concluyo que la variabilidad temporal del biochar con respecto al plomo es muy buena ya que al transcurrir cada semana había una pérdida minia de pb en el suelo con biochar.

## **VI. Recomendaciones**

1. Recomiendo que para futuras investigaciones se utilicen más repeticiones de análisis para obtener resultados con mayor precisos
2. También recomiendo utilizar más tratamientos respecto a las cantidades de Biochar aplicado al suelo.
3. Así mismo recomiendo realizar la investigación por un tiempo más prolongado, para observar las limitaciones del Biochar.
4. También se recomienda utilizar otro tipo de plantas, con diferentes características, para observar como mejora sus condiciones cuando se le aplica el Biochar.

## REFERENCIAS

Bunemann E, Bongiorno G, Bai Z, Creamer E, Deyn G, Goede R, Fleskens L, Geissen V, Kuyper T, Mader P, Pulleman M. Soil quality – a critical review. [En línea]. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 18/11/2019]. Disponible en: <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294>

CASADO Eva, DURAN Purificacion, MIRO Trinidad y Paredes Antonio. Operaciones básicas de laboratorio [en línea] 1ed. España: Ediciones Paraninfo. 2012 [fecha de consulta 02/12/18]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=N4T1H-p8fvoC&pg=PA44&dq=equipos+de+laboratorio+definici%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwispMKJvoLfAhWpxVvKkHTqeAfMQ6AEIKDAA#v=onepage&q=equipos%20de%20laboratorio%20definici%C3%B3n&f=true>

ISBN:978-84-9732-885-2

CORRALES, Fernando y ELIZONDO Rosario. Manual de experimentos de laboratorios para química I y II [en línea] 1ed. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 2010 [fecha de consulta 02/12/18]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=9bxGX9SGJvIC&pg=PR12&dq=equipos+de+laboratorio+de+quimica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj2qZLOq4LfAhUFjVvKkHbw2DRcQ6AEIMjAC#v=onepage&q&f=true>

ISBN:9968-31-191-X

Chang R, Sohi S, Jing F, Liu Y, Chen J. A comparative study on biochar properties and Cd adsorption behavior under effects of ageing processes of leaching, acidification and oxidation. [En línea]. Noviembre 2018. [Fecha de consulta: 08/10/2019].

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974911933307X>

CHEN Yo, DEL VALLE, Maria, VALDEBENITO, Nancy y ZACCONI, Flavia. Mediciones y Métodos de Uso Común en el Laboratorio de Química [en línea] 2ed. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 2014 [fecha de consulta 02/12/18]

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=9-1TDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=estufa+y+mufla+definici%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiA\\_53Uv4LfAhWMct8KHeXWAwQ6AEILTAB#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=9-1TDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=estufa+y+mufla+definici%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiA_53Uv4LfAhWMct8KHeXWAwQ6AEILTAB#v=onepage&q&f=true)

ISBN: 978-956-14-1483-9

Chen H, Yang X, Gielen G, Mandal S, Xu S, Guo J, Shaheen S, Rinklebe J, Che L, Wang H. Effect of biochars on the bioavailability of cadmium and di-(2-ethylhexyl) phthalate to *Brassica chinensis* L. in contaminated soils. [En línea]. Agosto 2019 . [Fecha de consulta: 07/12/2019]. Disponible en:

<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719319680>

DÍAZ. Víctor. Metodología de la investigación científica y bioestadística [En línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Chile: Ril Editores, 2006 [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2018].

Disponible

en:

<https://books.google.com.pe/books?id=KfscYYsconYC&pg=PA129&dq=metodologia+investigacion+explicativa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi98Pqh-YTeAhVOT98KHYPMeBvwQ6AEIMzAC#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 956-284-485-4

DOMÍNGUEZ G, GALINDO A, SALAZAR G, BARRERA G y SÁNCHEZ F. Las excretas porcinas como materia prima para procesos de reciclaje utilizados en actividades agropecuarias [en línea]. 1.<sup>ra</sup> ed. México: Printed in México., 2014 [fecha de consulta: 14 de octubre del 2018]. Disponible en:

[http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4259/01020853700072306\\_CIRPAC.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4259/01020853700072306_CIRPAC.pdf?sequence=1)

ISBN: 978-607-37-0320-8

Francisca Moore, María Eugenia Gonzales, Naser Khan, Gustavo Curaqueo, Miguel Sanchez Monedero, Joaquin Rilling, Esteban Morales, Marcelo Panichini, Ana Mutis, Milko Jorquera, Jaime Mejias, Juan Hirzel y Sebastian Meier. Copper immobilization by biochar and microbial community abundance in metal-contaminated soils. [En línea]. Marzo del 2018. [Fecha de consulta: 01/10/2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971732942X>

GALÁN Emilio, ROMERO Antonio, Contaminación de Suelos por Metales Pesados. [En línea]. Sevilla. (10 de Octubre de 2008). [Fecha de consulta: 15/10/2019]. Recuperado [http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

Garcia, C. et. al. De Residuo a Recurso El camino hacia la sostenibilidad. [en línea]. 1<sup>er</sup> ed. España: Mundi Prensa., 2014 [fecha de consulta: 02 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=JBINBQAAQBAJ&pg=PA97&dq=Biochar+o+biocarbon&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjn6Ojm1OjdAhVP7VMKHTwMDz4Q6AEIKjAA#v=onepage&q=Biochar%20o%20biocarbon&f=false>

ISBN: 978-84-8476-692-6

Gómez, M. 2006. Metodología y técnicas de la investigación. Fecha de consulta: 20/05/2017. Disponible en la página web: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/69957/secme-2549\\_2.pdf?sequence=2](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/69957/secme-2549_2.pdf?sequence=2)

Igalavithana A, Kwon E, Vithanage M, Rinklebe J, Moon D, Meers E, Tsang D, Ok Y. Soil lead immobilization by biochars in short-term laboratory incubation studies. [En línea]. June 2019. [Fecha de consulta: 8/12/2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018330022>

Irriarte U, Sierra I, Zudaire L, Ayastuy J. Preparation of a porous biochar from the acid activation of pork bones. [En línea]. Abril 2016. [Fecha de consulta:

26/11/2019]. Disponible en: <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308516300050>

Jeanneret, S., et al. GalvaPot, un potenciómetro de galvanostato / potencióstato combinado de encargo y de alta impedancia para mediciones descentralizadas de electrodos basados en ionóforos. *Sensores y actuadores B: Químicos*, [en línea] 2015 [fecha de Consulta 20 de Octubre de 2019]. Disponible en: doi: 10.1016 / j.snb.2014.10.084

Jin W, Wnag Z, Sun Y, Wang Y, Zhou L, Zheng X. Impacts of biochar and silicate fertilizer on arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) [En línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 23/11/2019]. Disponible en : <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765131931259X>

JIMÉNEZ R. Introducción a la contaminación de suelos. [en línea]. 3.<sup>ra</sup> ed. España: Mundi-Prensa, 2017 [fecha de consulta: 14 de octubre del 2018]. Disponible: <https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=contaminacion+de+suelos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-1uW5mlfeAhUxneAKHUNsDMUQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=true>

ISBN:978-84-8476-789-3

Kwak J, Islam S, Wnag S, Messele S, Naeth M, Chang S. Biochar properties and lead (II) adsorption capacity depend on feedstock type, pyrolysis temperature, and steam activation. [En línea]. Septiembre 2019. [Fecha de consulta: 20/11/2019]. Disponible en: <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519310343>

Lehmann J y Joseph S. Biochar for Environmental Management. [En línea]. Enero 2009, n° 1. [Fecha de consulta: 03 de Octubre del 2018]. Disponible en la página web: <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/First%20proof%2013-01-09.pdf>

ISBN: 1727-9933

Lianshuai Tan, Zhanghuai Ma, Kaiqi Yang, Qingliang Cui, Ke Wang, Tongtong Wang, Gao-Lin Wu, Jiyong Zheng. Effect of three artificial aging techniques on



physicochemical properties and Pb adsorption capacities of different biochars. [En línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta: 13/10/2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719342068>

Martinez M, Abrego J, Gea G, Marias F. Pyrolysis of dairy cattle manure: evolution of char characteristics. [En línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 12/11/2019]. Disponible en: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237019305601>

Moret-Fernández, D., et al. Una nueva sonda TDR para mediciones de conductividad eléctrica de la solución del suelo. Journal of Hydrology, [en línea] 2012. Disponible en: doi: 10.1016 / j.jhydrol.2012.04.042

MONTOYA Jorge, CHEJNE Farid, CASTILLO Edgar, ACERO Julia, GÓMEZ Carlos, SARMIENTO Jose, VALDÉS Carlos, GARZÓN Laura. OSORIO Jessi, TIRADO David, BLANCO Adriana, MORENO Nelson, MARRUGO Gloria y OSPINA Yamile. Pirólisis rápida de biomasa [En línea]. 1.ª ed. Colombia: Ecopetrol, 2014 [Fecha de consulta 14/10/2018]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=GHYRAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pirólisis+de+biomasa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjM1KiUs4TeAhVETt8KHZHBB\\_YQ6AEILDAB#v=twopage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=GHYRAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pirólisis+de+biomasa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjM1KiUs4TeAhVETt8KHZHBB_YQ6AEILDAB#v=twopage&q&f=true)

ISBN: 978-958-761-774-0

MORENO J, MORAL R, GARCIA J, PASCUAL J y BERNAL M. De residuos a recurso el camino hacia la sostenibilidad [en línea]. 1<sup>er</sup> ed. España: Editores Científicos., 2014 [fecha de consulta: 02 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=JBINBQAAQBAJ&pg=PA97&dq=Biochar+o+biocarbon&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjn6Ojm1OjdAhVP7VMKHTwMDz4Q6AEIKjAA#v=onepage&q=Biochar%20o%20biocarbon&f=false>

ISBN:978-84-8476-692-6

MOHAMMAD, Namakforoosh. Metodología de la Investigación [En línea]. 2.<sup>a</sup> ed. México: Limusa Noriega Editores., 2005 [fecha de consulta: 10 de octubre de 2018].

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=ZEJ7-0hmvhwC&pg=PA44&dq=metodologia+de+la+investigacion+aplicada&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwikmY37qvzdAhXM1IkKHWE0BjIQ6AEIMzAC#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 968-18-5517-8

Novak M, Lima I, Xing B, Gaskin W, Steiner K, Ahmedna M, Rehrah D, Watts D, Busscher W, Schomberg H. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. [En línea]. Noviembre 2009. [Fecha de consulta: 24/11/2019]. Disponible en : [https://pdfs.semanticscholar.org/82db/ebd2d16aa1a25f1da522d3256706a8b3bdd.d.pdf?\\_ga=2.50717356.446078044.1575967769-1749766884.1575967769](https://pdfs.semanticscholar.org/82db/ebd2d16aa1a25f1da522d3256706a8b3bdd.d.pdf?_ga=2.50717356.446078044.1575967769-1749766884.1575967769)

MUÑOZ, Carlos. Metodología de la Investigación [en línea] 1ed. México: Progreso S.A de C.V. 2018 [fecha de consulta 08/10/19]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=DflcDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=investigacion+cuantitativa+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjpps3o7o3IAhUFvFkKHfiRBRE4ChDoAQhXMAc#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 9786074265422

Park Jin, Choppala Girish, Bolan Nanthi, Chung Jaw y Chuasavathi Thammared. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. [En línea]. Noviembre 2011. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2018]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-011-0948-y>

Popek, E. Comprensión del laboratorio analítico. Muestreo y análisis de contaminantes químicos ambientales, [en línea] 2018 [fecha de Consulta 8 de Octubre de 2019]. Disponible en: doi: 10.1016 / b978-0-12-803202-2.00005-7

OSORIO, Rubén. Manual de técnicas de laboratorio químico [en línea] 1ed. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2012 [fecha de consulta 02/12/18].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=vv\\_w\\_FC4vNUC&printsec=frontcover&dq=equipos+de+laboratorio+de+quimica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj2qZLOq4LfAhUFjVkJHbw2DRcQ6AEIOjAE#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=vv_w_FC4vNUC&printsec=frontcover&dq=equipos+de+laboratorio+de+quimica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj2qZLOq4LfAhUFjVkJHbw2DRcQ6AEIOjAE#v=onepage&q&f=true)

ISBN: 978-958-714-265-5

Peng H, Wu Y, Guan T, He W, Xu L, Liang Y, Liu W. Sludge aging stabilizes heavy metals subjected to pyrolysis. [En línea]. Septiembre 2019. [Fecha de consulta: 17/11/2019]. Disponible en: <https://scihub.tw/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319313156>

Pongkua W, Dolphen R, Thiravetyan P. Effect of functional groups of biochars and their ash content on gaseous methyl tert-butyl ether removal. [En línea]. Diciembre 2018. [Fecha de consulta: 24/11/2019]. Disponible en : <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775718310161>

Puga S, Sosa M, Lebgue T, Quintana C y Campos A. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. [En línea]. Diciembre 2006. [Fecha de consulta: 02/12/2019]. Disponible en : [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162006000100020](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100020)

Qin C, Wang H, Yuan X, Xiong T, Zhang J, Zhang J. Understanding structure – performance correlation of biochar materials in environmental remediation and electrochemical devices. [En línea]. Septiembre 2019. [Fecha de consulta: 26/11/2019]. Disponible en: <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894719323873>

RAMOS Miras, José. Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos de invernadero del poniente almeriense. Tesis (Tesis Doctoral). España: Universidad de Almería, 2002.

Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=EaxMAQAAQBAJ&pg=PA12&lpg=PA12&dq=Estudio+de+la+Contaminaci%C3%B2n+por+Metales+Pesados+y+Otros+Procesos+de+Degradaci%C3%B3n+Qu%C3%ADmica+en+Los+Suelos.&source=bl&ots>

[=dklSnclUXL&sig=uQUWsuL0DyRr19df4zv\\_vDmVBOI&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjBvfnvzofeAhWBct8KHY-NAQ4Q6AEwBHoECAkQAQ#v=onepage&q=Estudio%20de%20la%20Contaminaci%C3%B2n%20por%20Metales%20Pesados%20y%20Otros%20Procesos%20de%20Degradaci%C3%B3n%20Qu%C3%ADmica%20en%20Los%20Suelos.&f=true](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.01.03)

Remigio Ipanaque, Sandra. Uso del bichar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018. Tesis (Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2018. 50 pp. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/21230/Remigio\\_ISR.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/21230/Remigio_ISR.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Riehn, K., et al. Detección de Trichinella: identificación y evaluación estadística de las fuentes de error en el método del agitador magnético para la digestión de muestras agrupadas. Parasitología veterinaria, [en línea] 2013 [fecha de Consulta 8 de Octubre de 2019]. Disponible en: doi: 10.1016 / j.vetpar.2013.01.03

Romero, John. Eficiencia en la Inmovilización de Plomo en el Suelo Mediante la Aplicación de Cantidades de Biocarbón en el Distrito San Mateo, Lima. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3598/Romero%20\\_LJR.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3598/Romero%20_LJR.pdf?sequence=1)

SAN MIGUEL Guillermo, GUTÍERREZ Fernando. Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética [En línea]. 3<sup>ra</sup> ed. España: Editores Mundi-Prensa, 2015 [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Tecnolog%C3%ADas+para+el+uso+y+transformaci%C3%B3n+de+biomasa+energ%C3%A9tica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjs9bewwqrcAhXIYN8KHW9SBP0Q6AEIjzAA#v=onepage&q&f=true>

ISBN: 978-84-8476-674-2

Tang, J, Cao C, Gao F, Wnag W. Effects of biochar amendment on the availability of trace elements and the properties of dissolved organic matter in contaminated soils. [En línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 01/12/2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186419303633>

VARGAS Peña, Yessica y MARTINEZ Cardozo, Laura. Evaluación de la contaminación en el suelo por plomo y cromo y planteamiento de alternativa de remediación en la represa del muña, municipio de Sibaté-Cundinamarca. Tesis (Titulo Ingeniería Ambiental y Sanitaria). Bogotá: Universidad de la Salle, 2017. Disponible en [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20512/41102037\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20512/41102037_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Velasco U, Sierra I, Zadaire L, Ayastuy J. Preparation of a porous biochar from the acid activation of pork bones. [En línea]. Abril 2016. [Fecha de consulta: 2/12/2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308516300050>

VILLA, Roció. Manual de Practicas Química General [en línea]. 2. Ed Colombia: Sello Editorial. 2013 [fecha de consulta: 02/12/2018].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=thE4FREDodYC&pg=PA35&dq=equipos+de+laboratorio+de+quimica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj2qZLOq4LfAhUFjVkkHbw2DRcQ6AEIKDAA#v=onepage&q=equipos%20de%20laboratorio%20de%20quimica&f=true>

ISBN: 958-98129-2-1

VOLKE T, VELASCO J y DE LA ROSA D. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. 1.<sup>ra</sup> ed. Mexico: Antilope., 2005 [fecha de consulta: 14 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://local.mx/slider/6-editoriales-independientes/>

ISBN:968-7556-82

Zhang P, Huang P, Xu X, Sun H, Jiang B, Liao Y. Spectroscopic and molecular characterization of biochar – derived dissolved organic matter and the association with soil microbial responses. [En línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 07/11/2019]. Disponible en: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719346108>

Zhang X, Wang H, He L, Lu K, Sarmah A, Li J, Bolan N, Pei J y Huang H. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. [En línea]. Enero 2013. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/236185828\\_Using\\_biochar\\_for\\_remediation\\_of\\_soils\\_contaminated\\_with\\_heavy\\_metals\\_and\\_organic\\_pollutants](https://www.researchgate.net/publication/236185828_Using_biochar_for_remediation_of_soils_contaminated_with_heavy_metals_and_organic_pollutants)

Zhang Q, Song Y, Wu Z, Yan X, Gunina A, Kuzyakov Y, Xiong Z. Effects of six-year biochar amendment on soil aggregation, crop growth, and nitrogen and phosphorus use efficiencies in a rice-wheat rotation. [En línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 15/11/2019]. Disponible en: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619333050>

Zhou J, Deng C, Chen J y Zhang Q. Remediation effects of cotton stalk carbon on cadmium (Cd) contaminated soil [En línea]. Mayo 2008. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2018]. Disponible en [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-TRYJ200805030.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-TRYJ200805030.htm)

**ANEXOS** Tabla de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: USO DEL BIOCHAR DE ESTIERCOL DE CERDO.	El biochar es un material carbonizado obtenido a partir de biomasa vegetal, altamente poroso obtenido mediante la descomposición térmica de la materia orgánica en un bajo contenido de oxígeno y con una temperatura de <700°C (Lehmann y Joseph, 2009)	Se preparará biochar a partir del estiércol de cerdo previamente secado y carbonizado a una temperatura de 450-500 C° para comprobar la capacidad de inmovilización del Pb y en el mejoramiento de la calidad del suelo.	Composición Química	CIC	Cmol (+) /Kg
				Nitrógeno	mg/Kg
				Ph	1-14
			Composición Física	Conductividad Eléctrica	μS/cm
				Porosidad	%
VD: RETENCIÓN DEL Pb EN EL SUELO.	Estudio ya realizados han demostró que el biochar puede reducir As, Cd y Pb en suelos contaminados además de aumentar el carbono orgánico disuelto (Tang, J et al, 2019)	Se realizará 2 tratamiento con suelo contaminado 1075 y 2048 mg/Kg de Pb y se adicionará 20% de biochar, la muestra de suelo contaminado del valle del mantaro la cual se determinará el tratamiento más eficiente en la retención de Pb.	Concentración Pb	Inicio	mg/Kg
				Final	mg/Kg
			Concentración de Pb en Biometría	Hoja	mg/Kg
				Tallo	
				Raíz	
			Composición Físicoquímica	pH	1-14
				Conductividad Eléctrica	μS/cm
				CIC	Cmol (+) /Kg
				N, P, K	mg/Kg
Materia Orgánica	%				

Fuente: Elaboración propia, 2019

## Procedimiento de recolección de datos

