



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

TEMA:

**Eficiencia en la Inmovilización de Plomo en el Suelo
Mediante la Aplicación de Cantidades de Biocarbón en
el Distrito San Mateo, Lima**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

JOHN ROBERT ROMERO LONGWELL

ASESOR:

Mg. Ing. RITA CABELLO TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**Ingeniería de Conservación y Protección de
los Recursos Naturales**

LIMA - PERÚ

2017 – I

Página del Jurado

Dr. Benites Alfaro Elmer
Presidente

MSc. Rita Cabello Torres
Asesor(a)

Dr. Cesar Calderon Jimenez
Vocal

Agradecimiento: Agradezco a mis padres María Loyda Longwell del Campo y Felipe Romero Rosales por el apoyo durante todos estos años para poder estudiar y culminar mi carrera profesional. De igual modo agradezco a los profesionales de la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de brindarme conocimientos y sus opiniones para poder culminar mi trabajo de investigación. Un agradecimiento especial a mi asesora académica la Mg. Rita Cabello Torres por apoyarme durante todo este tiempo en mi trabajo de investigación.

Dedicatoria: Dedicado a mi madre María Loyda Longwell del Campo que a pesar de los duros momentos que pasamos juntos, me ha apoyado en cada instante durante mi vida profesional. De igual forma un agradecimiento a cada una de las personas que me apoyaron para la realización de este trabajo de investigación.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CANTIDADES DE BIOCARBÓN EN EL DISTRITO SAN MATEO, LIMA”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Autor

John Robert Romero Longwell

INDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Trabajos previos	16
1.3. Teorías relacionadas al tema	21
1.3.1. Biocarbón o biochar como enmienda orgánica para inmovilización de metales pesados en el suelo	21
1.3.2. Proceso de adsorción del biocarbón en los metales pesados....	24
1.3.3. Efecto del biocarbón en la movilidad de los metales pesados ...	27
1.3.4. Metales pesados en el ambiente	28
1.3.5. Excretas porcinas como material precursor	34
1.4. Formulación del problema	36
1.4.1. Problemas generales	36
1.4.2. Problemas específicos.....	36
1.5. Justificación del estudio	36
1.6. Hipótesis.....	38
1.6.1. Hipótesis general.....	38
1.6.2. Hipótesis específicos.....	38
1.7. Objetivos.....	39
1.7.1. Objetivo general	39
1.7.2. Objetivos específicos.....	39
II. MÉTODO	39
2.1. Diseño de la investigación	39
2.2. Variables, Operacionalización	40
2.3. Población y muestra	40
2.3.1. Población	40
2.3.2. Muestra.....	40
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	41
2.4.1. Eficiencia de los tratamientos en la inmovilización de plomo en el suelo.	41

2.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
2.4.3. Equipos y materiales utilizados	53
2.4.4. Validez	55
2.4.5. Confiabilidad.....	55
2.5. Método de análisis de datos	55
2.6. Aspectos éticos	56
III. RESULTADOS.....	56
3.1. Evaluación de las Características Físico-Químicas del Suelo.....	56
3.2. Evaluación de la Concentración de Plomo en el Suelo.....	57
3.2.1. Eficiencia de Inmovilización de plomo en el suelo.....	57
3.3. Evaluación de la concentración de Plomo en el Agua Intersticial	58
3.3.1. Eficiencia de inmovilización de plomo en el agua intersticial.....	59
3.4. Concentración de plomo en las raíces de las lechugas (" <i>Lactuca</i> <i>Sativa</i> ").	60
3.4.1. Análisis Estadísticos.....	61
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES	68
ANEXOS	76
ANEXO I: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	76
ANEXO II: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	80
ANEXO III: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentración de plomo la zona agrícola de San Mateo.....	15
Tabla 2 Tipos de biocarbón y metales adsorbidos.....	27
Tabla 3 Efectos de los metales en el ambiente.....	29
Tabla 4 Movilidad de los metales según el pH del suelo agrícola.....	30
Tabla 5 Impacto del plomo en el ambiente y la salud humana.....	34
<i>Tabla 6 Composición físico-química de las excretas porcinas</i>	35
Tabla 7 Variables operacionales.....	40
Tabla 8 Fases de la metodología del proyecto	42
Tabla 9 Cuadro Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	52
Tabla 10 Equipos y Materiales	53
Tabla 11 Resultados de las Características Físico Químicas del Suelo	56
Tabla 12 Resultados de la concentración de plomo en el suelo	57
Tabla 13 Eficiencia de Inmovilización de plomo en el suelo	57
Tabla 14 Concentración de Plomo en el Agua Intersticial	58
Tabla 15 Eficiencia de la reducción de Plomo en el Agua Intersticial.....	59
Tabla 16 Concentración de plomo en las raíces de las Lactuca Sativa	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Propiedades físico-químicas del biocarbón.....	24
Figura 2 Mecanismo de adsorción del plomo con biocarbón.....	26
Figura 3 Toma de muestra	40
Figura 4 Excretas Porcinas	43
Figura 5 Carbonización de Excretas Porcinas.....	44
Figura 6 Biocarbón a Partir de Excretas Porcinas	44
Figura 7 Suelo Homogenizado.....	45
Figura 8 Experimentación en Macetas	45
Figura 9 Suelo sin tratar en Macetas.....	46
Figura 10 Suelo mezclado con Biocarbón 5%	46
Figura 11 Suelo mezclado con Biocarbón 10%	47
Figura 12 Suelo mezclado con Biocarbón 20%	48
Figura 13 Extracción de Agua Intersticial	48
Figura 14 “Lactuca Sativa” (Lechuga Americana).....	49
Figura 15 Sembrado de Lechuga.....	49
Figura 16 “Lactuca Sativa” (Lechugas Americanas).....	50
Figura 17 Gráfico de Eficiencia de Inmovilización de Plomo en el Suelo	57
Figura 18 Histograma de la concentración de plomo en las raíces	63

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue elaborar biocarbón a partir de excretas porcinas para que pueda ser utilizada como enmienda orgánica en la inmovilización o inhibición de plomo en el suelo agrícola contaminado del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri del departamento de Lima. En el lugar se evaluó la composición físico-química y la concentración de plomo disponible en el suelo, así como también las condiciones de operación para la elaboración de biocarbón (tipo de material precursor, temperatura y tiempo de carbonización). Este suelo fue extraído del lugar de interés y depositado en diferentes macetas porosas para su tratamiento.

La metodología realizada se basó en la aplicación de diferentes cantidades de biocarbón (0%, 5%, 10% y 20%) en el suelo contaminado en las macetas porosas con el propósito de determinar la Eficiencia de Inmovilización de plomo en los tratamientos y se utilizó como bioindicador "*Lactuca Sativa*" o por su nombre común Lechuga Americana. Asimismo se hicieron análisis de la concentración de plomo en el suelo, agua intersticial y en las raíces de las plantas al finalizar el experimento, el cual duró aproximadamente 2 meses.

Los resultados mostraron que el biocarbón logra reducir la biodisponibilidad de este metal, alcanzando una Eficiencia Máxima de Inmovilización de Plomo en el 81.89% y 77,38% en el suelo y en el agua intersticial respectivamente con una cantidad aplicada del 20% de biocarbón. Las raíces de las plantas no presentaron concentración de plomo en los tratamientos a diferencia del Testigo en donde no se aplicó biocarbón, en el cual si presento una concentración de 0.7 kg/mg de Pb absorbido.

Se comprobó que biocarbón preparado a partir de excretas porcinas a una temperatura de 500 °C en un tiempo de carbonización de 2 horas, permite obtener una enmienda orgánica con la capacidad de adsorber y reducir la disponibilidad de plomo en el suelo y en el agua intersticial.

Palabras Claves: Biocarbón, Biodisponibilidad, Cantidad e Inmovilización

ABSTRACT

The objective of this research was the development of biocarbon from porcine excreta to be used as an organic amendment in the immobilization or inhibition of lead in the contaminated agricultural soil of San Mateo district, Huarochiri Province, Lima department. The physical-chemical composition and the concentration of lead available in the soil were evaluated, as well as the operating conditions for the preparation of bio-carbon (type of precursor material, temperature and carbonization time). This soil was extracted from the place of interest and deposited in different porous pots for its treatment.

The methodology was based on the application of different quantities of biocarbon (0%, 5%, 10% and 20%) in contaminated soil in the porous pots in order to determine the Lead Immobilization efficiency in the treatments and Used as bioindicator "Lactuca Sativa" or by its common name American Lettuce. Also, the concentration of lead in the soil, interstitial water and plant roots was analyzed at the end of the experiment, which lasted approximately 2 months.

The results showed that the biocarbon reduces the bioavailability of this metal, reaching a Maximum Lead Immobilization Efficiency in 81.89% and 77.38% in the soil and in the interstitial water, respectively, with an applied dose of 20% biochar. The roots of the plants had no lead concentration in the treatments, as opposed to the control where no biochar was applied, in which if there was a concentration of 0.7 kg / mg absorbed Pb.

Biocarbon prepared from porcine excreta at a temperature of 500 °C in a carbonization time of 2 hours was found to provide an organic amendment with the ability to adsorb and reduce the availability of lead in soil and interstitial water

Key Words: Biocarbon, Bioavailability, Quality and Immobilization

I. Introducción

El crecimiento demográfico exponencial y la explotación indiscriminada de nuestros recursos naturales ha provocado impactos negativos en los principales componentes de nuestro planeta: aire, agua y suelo. Los contaminantes generados por las actividades antropogénicas se depositan en estos elementos mencionados, intercambiando componentes que terminan afectando a la biota, el cual es el elemento en el que se ocasionan mayores daños, ya que los compuestos tóxicos ingresan a través de ellos a las redes tróficas.

Por ello las principales organizaciones preocupadas por el estado ambiental buscan desarrollar una mayor actitud preventiva para el manejo, gestión y conservación sustentable de nuestros recursos. Asimismo se ha prestado mayor interés a nuevas tecnologías limpias que permitan contribuir en la conservación del ambiente, promover buenas prácticas ambientales y de esta forma mejoren la calidad de vida.

La investigación refiere a una tecnología limpia especialmente con la práctica de biocarbonos, que ha tomado relevancia en la última década, debido a que no requiere altos costos para su producción y a sus propiedades físico-químicas que permite mejorar la calidad de los suelos (Ayala, 2015).

El Biocarbón o Biochar, se produce a través de distintos tipos de biomasa a a partir de una pirolisis. Este consiste en descomponer térmicamente la materia orgánica bajo un aporte de oxígeno muy limitado (Abenza, 2011).

El Biocarbón se utiliza principalmente como enmienda orgánica de suelos, secuestro de carbono y en la última década como un nuevo sistema para disminuir la biodisponibilidad de ciertos contaminantes especialmente metálicos y remediar el suelo contaminado. De esta forma se destaca esta tecnología por su origen biológico, y como una manera muy eficaz para optimizar los residuos orgánicos que se generan en las actividades humanas y transformarlos de manera segura en un nuevo tipo de materia prima.

Además de ello se ha descrito en diversos estudios una alta cantidad de diversos grupos funcionales que gracias a sus propiedades quelantes, permiten suministrar de un tipo de carga superficial a las diferentes partículas presentes del biocarbón, de esta manera beneficia en la inmovilización de metales pesados en su estructura (Patrick G. Hunta, Minori Uchimiya, Jeffrey M. Novaka, Kyoung S. Roa, 2011).

Debido a la problemática identificada se decidió aprovechar los residuos orgánicos como enmienda, en este caso se preparó el biocarbón a partir de las excretas porcinas, para de esta manera optimizar el uso de este recurso que se genera en grandes cantidades. El objetivo en este trabajo de investigación es estudiar la efectividad del biocarbón en la inmovilización del plomo y de esta manera disminuir su biodisponibilidad en suelos agrícolas a nivel laboratorio.

En este documento se explicará la metodología para la preparación y aplicación del biocarbón a partir de excretas de cerdo, al igual que los diferentes procesos físico-químicos durante la experimentación que permitirá la disminución de la biodisponibilidad de plomo en el suelo.

1.1. Realidad problemática

La minería es una actividad desarrollada por el hombre a lo largo de su historia, debido a su importancia en la industria manufacturera y la importancia en el crecimiento económico de la mayoría de países. A pesar de ello la actividad minera ha causado un fuerte impacto ambiental, debido al deterioro que causa en el suelo, provocando un daño en el crecimiento y la producción de vegetación.

El suelo es deteriorado por los residuos que se producen a causa de las actividades mineras, estos perjudican en la cantidad y diversos tipos de organismos presentes en el suelo; lo que provoca que estos no puedan descomponer o asimilar la materia orgánica del suelo, debido a la inhibición del procesos de los mismos (Mendoza, 2015). La minería ha

causado graves conflictos socio-ambientales en el Perú, como Yanacocha, La Oroya, y San Mateo de Huanchor, debido principalmente a la poca importancia que estas grandes empresas tienen por el cuidado del ambiente y salud de las personas, así como la desatención de las autoridades competentes que deben tomar medidas de sanción o fiscalización ante dichas entidades.

Los suelos agrícolas son afectados por las actividades mineras en los procesos de extracción de minerales, ya que estos metales se acumulan en la superficie del suelo por los relaves mineros se reducen en a través del proceso de lixiviación. Los lixiviados contienen soluciones ácidas en forma de sulfatos y metales en grandes concentraciones (cromo, arsénico, plomo, cadmio, etc.), asimismo este lixiviado posee la capacidad de disolver metales tóxicos que se encuentran en las rocas, por lo que también termina ocasionando la contaminación del suelo, y agua, que asimismo causan un impacto en la flora del lugar. Esta contaminación del suelo, provoca la muerte o alteraciones en el desarrollo de los cultivos.

Un estudio realizado por Corzo en el 2015 en el distrito de San Mateo, demostró la composición en metales que contienen los relaves mineros en el lugar, por ejemplo en Arsénico tiene 2140 ppm, el cual es alarmante debido a que estos se encuentran cerca al Río Auri, del que se abastecen los agricultores para el riego de sus cultivos. El lugar de estudio se encuentra en San Mateo de Huanchor, la problemática de contaminación de los suelos fue ocasionada por la construcción de un depósito de relaves mineros por la empresa minera Lisandro Proaño, cerca de los centros poblados de la zona. Estos depósitos mineros contienen metales pesados tóxicos como arsénico, plomo, zinc y cianuro (Mendoza, 2015). El pueblo de San Mateo de Huanchor presentó una denuncia ante las autoridades peruanas la contaminación ambiental y el daño directo a la salud de las personas del lugar, debido a ello el Ministerio de Energía y Minas estableció el cierre por no contar con la autorización. Durante año 2003 se impuso una denuncia por parte del Comité de Afectados por la Minería de Mayoc y el Comité de Defensa y Ecología y Medio Ambiente

de San Mateo de Huanchor (CODEMADES) con el apoyo de la Confederación Nacional de Comunidades del Perú que fueron afectados por la minería (CONACAMI), al Estado Peruano por la falta de interés en defender a las víctimas de la contaminación minera y por la afectación a los derechos humanos (Mendoza, 2015), tras esto se logró que se retirasen los depósitos de los relaves en el año 2005.

A pesar ello los suelos del lugar de estudio siguen contaminados, es por ello que el presente trabajo de investigación pretende dar una alternativa de solución a dicho problema de contaminación por metales. En este caso se usará el suelo contaminado con plomo para lograr reducir su concentración través del uso del biocarbón a partir de excretas porcina.

Este año 2017 se realizó un análisis de laboratorio en muestras de suelo recolectadas en el lugar en donde se pudo comprobar que la concentración de plomo sobrepasa los Estándares de Calidad Establecidos.

Tabla 1 Concentración de plomo la zona agrícola de San Mateo

Resultados de análisis de laboratorio en el suelo agrícola San Mateo	Estándar de Calidad Ambiental para Suelo Agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).
Plomo (ppm)	Plomo (ppm)
400	70

Fuente: (Reducción de la Concentración de Plomo en Suelo Empleando Electrorremediación Ex-Situ, 2017)

Una alta concentración de este metal tóxico representa una amenaza para los cultivos, por las propiedades acumulativas del plomo. El biocarbón tiene la capacidad de ser muy eficaz como un adsorbente y se puede utilizar para inhibir el Pb en el suelo (Chen, 2009).

A pesar de que existen muy pocos estudios respecto a la aplicación del Biocarbón como enmienda orgánica para los suelos, este material presente amplias ventajas respecto a otras técnicas de remediación (Meier, 2012). Por ejemplo:

- Tiene capacidades para inmovilizar hidrocarburos y metales pesados.
- Aplicación y efecto rápido.
- Su aplicación no requiere de un espacio amplio.
- La puesta en marcha es de fácil acceso.
- No requiere un alto consumo de energía.
- Puede prepararse a partir de los residuos orgánicos generados en las diferentes actividades humanas.
- No requiere altos costos de inversión para su aplicación o implementación.

El presente trabajo de investigación aporta diferentes conocimientos para la metodología de preparación y propone una alternativa de solución experimentando la efectividad de la aplicación del Biocarbón preparado a partir de excretas porcinas para la inmovilización de plomo (a nivel laboratorio), y de esta manera disminuir la biodisponibilidad de esta metal tóxico para la materia orgánica de los suelos.

1.2. Trabajos previos

- **Mogollón (2015).** En el presente trabajo de investigación se utiliza un tipo de microorganismo llamado pseudomona aeruginosa para reducir los niveles de contaminación por metales (Cd y Pb) en el suelo contaminado extraído del distrito de San Mateo (Lima, Perú). En este lugar existe contaminación de suelos agrícolas debido a las actividades mineras que se desarrollaban en el lugar, por lo que esta metodología es una alternativa de solución para remediar y mejorar la capacidad de autodepuración del suelo, inhibiendo los efectos de dichos contaminantes.

- **Rebolledo, A. Pérez, G. Hidalgo, M. López, J. Campo, J. Valtierra, E y Etchevers, J. (2015)** El trabajo de investigación desarrolla conceptos acerca de este nuevo tipo de enmienda orgánica, llamado biocarbón. En el estudio se resalta las propiedades físico químicas de biocarbón para la inmovilización y remediación de suelos contaminados, para el aumento de la fertilidad y como almacenador de gases de efecto invernadero. Especificando sus efectos en el suelo a partir de la aplicación de este material muy poco estudiado.

- **Nuñez B. Etchevers, B. Aguirre, G. Hidalgo, M. (2015)** Describe los procedimientos para la elaboración e biochar a partir del lirio acuático (*Eichhornia sp.*) extraído del lago de Patzcuáro en Michoacán, México; y eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) extraído del Colegio de Postgraduados, Campus Texcoco, México. La temperatura a la que se preparó el BC fue de 600 °C, asimismo se midió el pH del BC, mezclando 2g de Biochar y 25 ml de agua destilada agitando la mezcla durante 15 minutos. De igual forma se midió el poder alcalinizante en un residuo de mina con pH 2.88, mezclando 10 g de residuo y 1g de biochar en 30 ml de agua destilada, mismo tiempo de agitación y reposo. Bajo estas características se desarrolló el biochar de lirio acuático presento un redimiento mayor al biochar de eucalipto (43.13% y 28.40% respectivamente). En caso del pH el BL fue aún más alcalino que el BE. En el caso del efecto alcalinizante, ambos tuvieron el mismo efecto en los residuos mineros. La diferencia en la eficiencia de los mismos; demostrando que el primer es más efectivo en la remediación de metales pesados como Cu, Zn y Pb.

- **Meier (2012)** Se preparó biocarbón a partir de excretas de gallina a una temperatura de entre 300 y 600 °C, con el objetivo de determinar su aplicación para inmovilizar Cu en suelos contaminados. Para el desarrollo del estudio se extrajo suelo contaminado con Cu ubicado en el Valle de Puchuncaví en Chile.

El BC producido se mezcló con dicho suelo. En el experimento se realizó exsitu, por lo que se extrajo el suelo contaminado, y en diferentes recipientes se aplicó la mezcla (biocarbón y suelo contaminado con Cu). Estos recipientes estaban conectadas a capsulas porosas en donde se extraía el agua intersticial, para de esta manera medir los cambios que puedan ocurrir en el pH y concentración de cobre durante 3 meses de duración del ensayo. A partir de los análisis de laboratorio se supo que el BC logró remover hasta un 70% de Cu en el suelo contaminado, además se concluyó que esto se debe a las propiedades quelantes del BC y a la gran presencia de grupos funcionales (C=O, C-H, etc) que permiten la adsorción de metales.

- **Belalcázar (2013).** Se realizó un trabajo de investigación en donde se evaluó el biocarbón preparado a partir de cascarilla de arroz para de esta manera lograr promover la proliferación de bacterias en suelos. Para determinar el efecto producido por los biocarbones en las propiedades del suelo se desarrollaron 4 tratamientos en tres tiempos de incubación los cuales fueron de 0 días, 30 días y 60 días. La aplicación del BC se realizó de forma homogénea, siendo un 5 % de biocarbón respecto a la cantidad de suelo. Para conocer los resultados se realizó el conteo de los microorganismos de forma manual, haciendo uso de un programa computacional el cual tiene la capacidad de contar con un apuntador cada célula, para ello se utilizó la siguiente ecuación $T = (MTC)(CM)(FD)/Vm$. Los resultados comprobaron el efecto del biocarbón, el cual permitió la proliferación de microorganismos en el suelo, a partir del monitoreo continuo durante la fase experimental. La temperatura y humedad tienen un rol importante para dar mayor efectividad al biocarbón sobre la comunidad bacteriana del suelo.

- **Zamora (2010)** Se preparó biocarbón obtenido como material precursor a las semillas de Aguaje y Shapaja con el objetivo de estudiar los efectos de 3 variables, los cuales son: Especie,

Granulometría y Tiempo de activación. En el estudio también se evaluó la capacidad de adsorción del carbón activado con azul de metileno, el cual presento mejor calidad y adsorción.

En el estudio se especifica los procedimientos de la preparación, carbonización, activación, secado, tamizado y capacidad de adsorción del biocarbón, así como también los resultados obtenidos en dichas pruebas experimentales. En el trabajo de investigación se comprobó que ambas especies (Aguaje y Shapaja) poseen calidades aptas y excelentes para ser aprovechados en la preparación de biocarbón.

- **Patrick G. Hunta, Minori Uchimiya, Jeffrey M. Novaka, Kyoung S. Roa., (2011)** Resalta las propiedades del biocarbón a partir de estiércol de ganado por sus propiedades ricas en nutrientes que sirven como un gran potencial agronómico, sin embargo existen muy pocos estudios que aclaren las propiedades de esta enmienda en variedades de estiércol. En este estudio se presentaron los resultados físico-químicos de los biocarbones preparados a partir de estiércol a temperaturas de 350 °C y 700 °C a través del método pirolítico. Los estiércoles evaluados fueron de: Porquinaza, lácteo y liera de aves de corral. Estas enmiendas demostraron variaciones y similitudes en sus propiedades físico-químicas. En los resultados se demostraron que los biocarbones de cerdo tuvieron mayores contenidos de P, N y S; asimismo presentaron los pH y CE más bajos.

- **Obregón (2012)** En el estudio se obtuvo biocarbón a partir de semillas de aguajes y aceitunas para conocer la capacidad de adsorción de cadmio, con fines de remediación debido a la toxicidad de este metal. Para la activación se utilizó el ácido fosfórico (H₃PO₄). El proceso térmico se realizó a tres temperaturas diferentes, los cuales fueron: 400, 500 y 600 °C.

Los resultados mostraron un aumento en la activación a temperaturas de entre 400 y 600°C, asimismo se redujo el área superficial en la zona microporosa. También se observó un incremento de la acidez superficial. De igual manera se pudo determinar que al incrementar el pH de la solución de 2 a 5, existe un aumento en la capacidad de adsorción de cadmio por el carbón activado.

- **Tang, J. Wenying, Z. Kookana R. Katayama, A., (2013)** Se desarrolló un estudio acerca de las propiedades del biocarbón y de los factores que definen las características del mismo. Los cuales fundamentalmente son la temperatura de preparación y el tipo de material precursor.

- **Mohammad I, Al-Wabel. Adel, Usman. Ahmed H, El-Naggar. Anwar A, Aly. Hesham M, Ibrahim. Salem, E. Abdulrasoul, Al-Omran., (2015)** Se preparó biocarbón a partir del *Conocarpus Erectus* para ser aplicados en diferentes tasas para de esta manera reducir la acumulación de metales pesados en las plantas de maíz. En el estudio se pudo demostrar que la enmienda pudo disminuir la densidad aparente, aumento la biomasa seca del brote de las plantas de maíz en un 100%; asimismo se redujo significativamente el contenido de Mn (de 51,3% y 60,5%) y Zn (de 28% y 21%).

- **Major, J. Rondon, M. Molina, D. Susan J. Riha & Lehmann, J., (2010).** En el presente estudio se utilizó biocarbón preparado a partir de Latossolo de Sabana en diferentes cantidades (0, 8 y 20 toneladas por hectáteras) en cultivos de granos de maíz durante 4 años. En el estudio se constató que a pesar que en el primer año no aumento el rendimiento del grano de maíz significativamente, se notó un aumento considerable en los próximos años de 28, 30 y 140% para 2004, 2005 y 2006 respectivamente. Asimismo se pudo comprobar que el biocarbón aumentó el pH. Provocando que

la acidez intercambiable tenga una tendencia decreciente en el suelo. Se concluye que el aumento del rendimiento en los cultivos se debe principalmente al aporte de nutrientes por parte del biocarbón, aportando al suelo un aumento de 77-320% mayor de Ca y Mg.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Biocarbón o biochar como enmienda orgánica para inmovilización de metales pesados en el suelo

El Biocarbón es denominado también como “Biochar”, en el idioma inglés. Esta palabra ha sido incluida recientemente, por lo que es una temática relativamente nueva. El Biocarbón hace referencia a un tipo de producto en forma de granos finos y porosos, de manera similar al carbón de origen vegetal (Zamora, 2010) .

El biochar se elabora o prepara a través de un proceso llamado pirolisis de la biomasa a temperaturas que fluctúan entre los 300 a 700 °C en condiciones muy bajas de oxígeno (Meier, 2012). Las características que determinan la efectividad del biocarbón para la remediación de suelos son principalmente la temperatura, tipo de biomasa empleado, área superficial y grupos funcionales presentes en la superficie del biochar (Nuñez B. Etchevers, B. Aguirre, G. Hidalgo, M).

Lo anterior comprueba que el biocarbón permite mejorar las condiciones y características físicas, químicas y biológicas del suelo (Meier, 2012). Asimismo se ha comprobado la aparición de distintos grupos funcionales, que también aportan y benefician al suelo al inmovilizar o reducir la disponibilidad de metales en el suelo (Patrick G. Hunta, Minori Uchimiya, Jeffrey M. Novaka, Kyoung S. Roa,.2011). Estos compuestos son llamados agentes quelantes porque permiten la formación de complejos solubles, estos se forman con ciertos iones metálicos, y se desprovee de toxicidad a algunos compuestos.

Además de sus capacidades para remover metales pesados, el biocarbón tiene la capacidad de aumentar la fertilidad productiva de los cultivos, permite mejorar la actividad en la agricultura el cual ha venido siendo afectado por el cambio climático y permite el almacenamiento prologando de los gases de efecto invernadero (Ayala, 2015).

Diversos estudios han comprobado la efectividad del biocarbón para remover metales en el suelo como plomo, cadmio, cobre, etc. Por lo que la aplicación de este tipo de enmienda presenta una alternativa de solución para la problemática de suelos contaminados con plomo en las zonas agrícolas de San Mateo.

1.3.1.1. Temperatura del biocarbón

El biocarbón proviene de la descomposición e incineración de la biomasa a través de un horno pirolítico en condiciones limitadas de oxígeno (Meier, 2012). La temperatura de preparación del biocarbón es uno de los parámetros físicos principales para aumentar su capacidad de adsorción, las temperaturas para la preparar dicha enmienda varía entre los 300 a 700 °C (Meier 2012).

Por ejemplo, estudios donde se prepararon biocarbón a partir de residuos de trigo a temperatura de 500 °C y 700 °C produjeron un material con alta área superficial (>300 m²/g), sin embargo los que se se hicieron a temperaturas entre 300 °C a 400 °C obtuvieron un área superficial menor (<200m²/g). Por ello el primero presentó una mayor capacidad de alta adsorción para compuestos orgánicos (Tang, J. Wenying, Z. Kookana R. Katayama, A., 2013). La temperatura presenta un papel fundamental en la elaboración del biocarbón, por ello es importante controlar este parámetro durante toda la fase de experimentación.

1.3.1.2. Propiedades físico-químicas del biocarbón

El biocarbón está constituido por una composición irregular de láminas de carbono con espacios que definen su porosidad. Los poros son una parte fundamental en el Biocarbón y su característica va a depender del tipo de materia prima a partir de la cual fue procesada (Obregón, 2012).

El biocarbón presenta un tamaño de poros que varían de 2 a 20 nm, estos a su vez se dividen en poros de tamaño nano (<10 nm), micro (<100 nm); y macro (>100 nm); asimismo el biocarbón también posee un área superficial de hasta 1360 m²/g (Meier, 2012). Aunque la mayoría de los procesos de adsorción se producen en los microporos, los mesoporos y macroporos juegan un papel fundamental ya que estos serán los responsables de permitir el acceso de especies que se van a absorber en el interior de la partícula y también en los propios microporos. (Obregón, 2012).

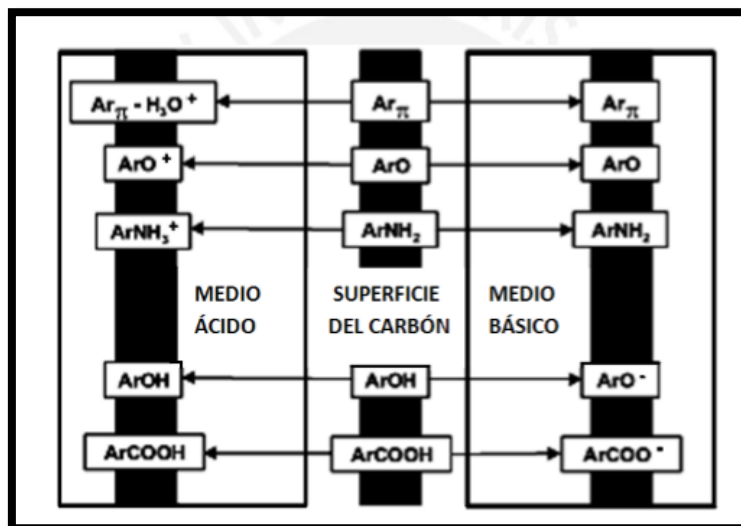
En la superficie del biocarbón se encuentran los grupos funcionales, los cuales están asociados a la acidez superficial. Estos grupos funcionales son los responsables de las propiedades absorbentes del biocarbón. La composición química va a depender directamente de la cantidad de heteroátomos y del contenido de oxígeno.

Los grupos funcionales le dan la característica anfótero, por lo que el biocarbón puede ser ácido o básico (Obregón, 2012). La carga que se va a presentar en la superficie depende del pH del medio y de los componentes superficiales del biocarbón:

- Se presentará carga negativa como resultado de la disociación de los diversos grupos funcionales de oxígeno de tipo ácido, por ejemplo en este caso tenemos a los grupos carboxilos y fenólicos; esto producirá centros ácidos.

- Se presentarán cargas positivas en los carbones cuando esta es relacionada a los grupos funcionales de la superficie compuestos de oxígeno de carácter básico.

Figura 1 Propiedades físico-químicas del biocarbón



Fuente: (Estudio Comparativo de la Capacidad de Adsorción de Cadmio Utilizando Carbones Activados Preparados a Partir de Semillas de Aguaje y de Aceituna, 2012).

1.3.2. Proceso de adsorción del biocarbón en los metales pesados

1.3.2.1. Adsorción

La adsorción es el método que permite eliminar compuestos orgánicos y metales pesados que se encuentren en un medio; asimismo presenta una alta eficiencia y es de fácil manejo ya que el desarrollo de esta enmienda es de bajo costo (Gaskell y Morocho, 2015). Por ello el proceso de adsorción es uno de los más importantes ya que sirve en diversas aplicaciones en la industria química y en el laboratorio (Turbert y Talanquer, 1997).

El proceso de adsorción se basa principalmente en extraer un tipo de materia de una fase para que esta se concrete en la superficie de otra, el cual mayormente es sólida. La sustancia que es adsorbida se le denomina como “adsorbato” y la fase adsorbente se le conoce como “adsorbente” (Gaskell y Morocho, 2015).

De manera general existen dos tipos de forma básica de adsorción: la adsorción física y química (quimiadsorción); la diferencia principal es la forma en cómo se relaciona el adsorbente con el adsorbato: La adsorción física es más abundante las interacciones de tipo electrostática; mientras que en la adsorción química predomina las interacciones que se unen a través de enlaces químicos (Turbert y Talanquer, 1997).

1.3.2.2. Adsorción de plomo

Los metales pesados como el plomo por su carácter no biodegradable y por su alta toxicidad ejercen un grave peligro en los cultivos y su biodisponibilidad. Prieto, J. González C. Alma D. Gutiérrez, R. Prieto, F., (2009). Sin embargo a través de la aplicación del Biocarbón es posible estabilizar estos metales tóxicos y mejorar la calidad de los suelos contaminados y puede reducir significativamente en la adsorción de metales pesados por los cultivos.

En la Figura N°4 se puede mostrar los posibles mecanismos que permiten la inmovilización de metales pesados. En este caso se toma como ejemplo el Pb^{+2} . Diversos autores proponen la adsorción de este metal a partir de carbón vegetal, lodos derivados y excretas de gallina; que podrían intervenir en el intercambio de metal pesado con Ca^{+2} , Mg^{+2} y otros cationes que estén relacionados con el biocarbón, atribuyendo la coprecipitación y formación de complejos y óxidos minerales (Wang; He; Sarmah; Bolan, 2013).

Los complejos de la superficie del plomo se forman a partir de la adsorción por los grupos funcionales, acomplejamiento en el interior con el hidroxilo libre de minerales óxidos y otras precipitaciones que ocurren en la superficie

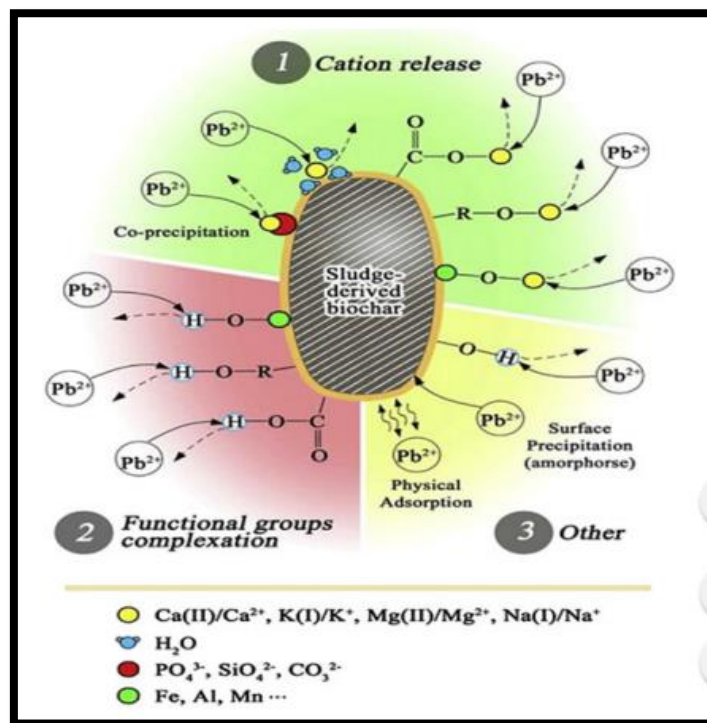
En la parte 3, la física de adsorción y precipitación superficial permiten la estabilización del Pb^{+2} . Para el caso de los suelos ácidos contaminados dependen en gran medida del tipo de biocarbón y la presencia de los cationes intercambiables como el Na, Mg, K, y Ca; estos podrían ser

responsable de la liberación de cationes en el proceso de adsorción de metales pesados, en conclusión esto permite mejorar el proceso de estabilización (Wang; He; Sarmah; Bolan, 2013).

Estudios también demuestran el intercambio del metal (Pb^{+2}) con Ca^{+2} , Mg^{+2} y otros cationes monovalentes Na^{+} y K^{+} relacionados al biocarbón con lodos derivados fue uno de los mecanismos principales responsables (Wang; He; Sarmah; Bolan, 2013).

Por consecuente se sabe que los mecanismos de sorción para metales pesados con biocarbón son dependientes del tipo de suelos, los cationes presentes, por ello podría ser una alternativa para la recuperación o remediación de suelos contaminados con metales pesados. Es importante resaltar que la presencia de los componentes minerales como los fosfatos y carbonatos en el biocarbón ayuda en la estabilización de metales pesados debido a su capacidad para precipitar con los dichos metales y reducir su biodisponibilidad.

Figura 2 Mecanismo de adsorción del plomo con biocarbón



Fuente: (Conceptual illustration of the possible mechanisms of Pb adsorption on biochar, Wang; Lizhi; Sarmah; Bolam, 2012).

1.3.3. Efecto del biocarbón en la movilidad de los metales pesados

Los estudios relacionados han demostrado la capacidad del Biocarbón para reducir e inmovilizar los metales en los suelos contaminados, esto permite reducir el riesgo de bioacumulación de estas sustancias tóxicas por las plantas (Wang; Lizhi, Sarmah, 2013). Dicha relación depende exclusivamente de la temperatura del procedimiento, por eso se considera a temperatura constante.

La biodisponibilidad de los metales pesado es el factor importante para determinar la toxicidad en el suelo y su posible riesgo potencial de provocar la biomagnificación de este metal. Los estudios han demostrado la efectividad del biocarbón para inmovilizar metales pesados, disminuyendo su fitotoxicidad y biodisponibilidad.

En estudios donde se aplicó biocarbón en desechos de minería, en donde se pudo demostrar: El pH, la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de retención de agua crecentó las tasas de aumento del biochar y la ddisponibilidad de Cadmio, Plomo y Zinc de estos desechos se redujo (Zhou, 2008).

En el siguiente cuadro se puede observar diferentes tipos de biocarbón, la temperatura a la que fueron preparadas y la gama de contaminantes adsorbidos.

Tabla 2 Tipos de biocarbón y metales adsorbidos

Materia Prima	Temperatura de Producción	Contaminante	Efecto
Tallos de algodón	450 °C	Cd	Reducción de la biodisponibilidad de Cd en el suelo por adsorción y co-precipitación.
Madera	400 °C	As	Reducción significativa de As en el follaje de <i>Miscanthus</i> .
Eucalipto	550 °C	As, Cd, Cu, Pb, Zn	Disminución del As, Cd, Cu y Plomo en los cultivos de maíz.
Residuos de podas de huerta	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	550 °C	Cd, Cu, Pb, Cr	Reducción significativa de acumulación de Cd, Cu y Pb . Suelo mejorado, reducción de Cr (IV) a Cr (III).
Madera de roble	400 °C	Pb	Reducción de la biodisponibilidad en un 75,8 %.
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; identificación de grupos funcionales en el biocarbón con alta afinidad de adsorción de Cu.

Fuente: (Conceptual illustration of the possible mechanisms of Pb adsorption on biochar, Wang; Lizhi, Sarmah, 2012).

1.3.4. Metales pesados en el ambiente

Los metales pesados son aquellos que poseen un peso específico mayor a 5 g/cm³ y poseen número atómico mayor a 20. Para los sistemas vivos, existen metales pesados en donde hay nutrientes esenciales como el Fe, Mn, Zn, Cu, Mo) y elementos que se consideran dañinos para los seres vivos como el Cd, Pb, Hg, etc. (Ramos, 2002).

Estos metales tóxicos pueden depositarse en el suelo de los cultivos donde se desarrollan las plantas y estas pueden adsorber dichos elementos del suelo con la capacidad de biotransformar y acumular estos contaminantes en los estratos superiores (Corzo, 2015). Por ello los metales son altamente peligrosos para la salud ambiental, ya que estos provocan problemas como el cáncer.

Las plantas normalmente absorben elementos esenciales como Fe, Mn, Zn y Ni, y macronutrientes en cantidades mínimas; sin embargo también pueden absorber metales como Cd, Cr, As y Pb, los cuales no cumplen

una función biológica y además son altamente tóxicos para los seres vivos y las plantas (Corzo, 2015). En el siguiente cuadro se puede ver los efectos que causan los diferentes metales que suelen estar presente en los suelos contaminados.

Tabla 3 Efectos de los metales en el ambiente

Sustancia Tóxica	Efectos
Cadmio	Disminuye la germinación de semillas, contenido de lípidos, y el crecimiento de la planta; induce la producción de fitoquelatinas
Plomo	Reduce la producción de clorofila y el crecimiento de la planta; incrementa el superóxido dismutasa
Níquel	Reduce la germinación de semillas, acumulación de masa seca, producción de proteínas, clorofila y enzimas; incrementa aminoácidos libres
Mercurio	Disminuye la actividad fotosintética, absorción de agua y enzimas antioxidantes; acumula fenol y prolina
Zinc	Reduce la toxicidad del níquel y la germinación de semillas; incrementa en crecimiento de la planta y el ratio de ATP/clorofila
Cromo	Disminuye la actividad enzimática y el crecimiento de la planta; produce daño a la membrana, clorosis y daño a la raíz
Cobre	Inhibe la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y el proceso reproductivo; disminuye la superficie de área de la tilacoide

Fuente: (Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima, 2015)

1.3.4.1. Importancia del pH en la movilización de metales pesados.

El pH es el factor importante en el suelo, ya que este determinará el efecto y comportamiento de los metales pesados en el suelo. Cuando existe un pH bajo, los metales en forma de cationes aumentan su solubilidad en la solución del suelo (Ramos, 2002). Los elementos que no presentan el mismo comportamiento, son el Mo, Se y Cr, sin embargo estos presentan mayor movilidad en suelos alcalinos

Cuando el pH aumenta en el suelo, se puede transformar el estado de selectividad del intercambio catiónico a partir de un aumento de la Capacidad de Intercambio Catiónico, esto asimismo mejora la prioridad por iones polivalentes a diferencia de los iones monovalentes.

Los “hidróxido complejos” son metales que permiten controlar el comportamiento de los metales en suelos que tengan un pH alcalino o neutro. Cuando se forman $Al(OH)_4^-$ y de $Fe(OH)_4^-$ en cantidades menores en suelos con pHs neutros o alcalinos, incrementa la solubilidad de estos tipos de hidróxidos metálicos a comparación con valores altos de pH. Los hidroxocomplejos aumentan la cantidad del metal en solución.

En el siguiente recuadro se puede observar la movilidad de los metales en diferentes cantidades y a diferentes concentraciones de pH.

Tabla 4 Movilidad de los metales según el pH del suelo agrícola

Movilidad Relativa de los Metales pesados en el suelo destinados a uso agrícola				
Movilidad Relativa	Condiciones			
	Oxidantes	Ácidas	Neutras o Alcalinas	Reductoras
Muy Alta			Se	
Alta	Se, Sr	Se, Hg, Zn, Cd, Mn, Co, Pb	Cr	Sr
Media	Hg, As, Cd, Co, Zn, Ni, Cu, Cd	As, Cd, Pb	As, Cd, Mn	Mn
Baja	Pb, As	Pb, Bi, Sb	Pb, Bi, Sb, Zn, Cd	Zn, Co, Ni
Muy Baja a Inmóvil	Te, Al, Cr, Mn	Te	Te, Hg, Al, Cr	Te, Se, Hg, As, Cd, Pb, Bi, Cr, Cu

Fuente: (Estudio de la Contaminación de Metales Pesados y Otros Procesos de Degradación Química en Los Suelos de Invernadero del Poniente Americense, Ramos, 2002).

1.3.4.2. Metal de interés para analizar en el suelo, Pb

El plomo es un metal pesado tóxico para el ambiente, ya que no posee una función biológica. Debido a su composición es persistente y puede ser asimilado por los organismos. La acumulación de estos metales puede darse de manera directa por parte de las plantas, animales e incluso persona; pudiendo causar acumulaciones nocivas a través de la cadena trófica.

Este metal se acumula principalmente en la superficie del suelo, a pocos centímetros de profundidad (Ramos, 2002). El Pb puede encontrarse en forma de cloruros y bromuros de Pb, que son muy poco solubles, sin embargo la presencia de carbonatos e hidróxidos de Pb resultan muy insolubles, por lo que se da una mayor persistencia y riesgo a bioacumularse en los seres vivos.

1.3.4.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la CIC es un factor que depende principalmente de su naturaleza como complejo absorbente, de las sustancias químicas, arcillas y la materia orgánica. Estas características brindan un efecto de carga negativa, por lo que otorgan una reacción continua con los cationes en disolución del suelo.

La cantidad de materia orgánica presente en el suelo también es un factor determinante, ya que los suelos con alta cantidad de materia orgánica presenten una mejor CIC que los suelos con bajo contenido de materia orgánica. De la misma manera el pH también es un parámetro fundamental, ya que los suelos ácidos retienen una mayor cantidad de iones hidrógeno, mientras que los suelos más alcalinos posee una alta retención iones de calcio.

El humus también beneficia al suelo, el cual debido a sus grupos funcionales $-\text{COOH}$, OH , etc; y su alta capacidad de cambio ayuda a

aumentar la adsorción e intercambio iónico del suelo. Gracias a ello posibilita la retención de macronutrientes como Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , K^{+} , NH_4^{+} , etc. Estos componentes dan el efecto beneficioso para la fertilidad global de los agrícolas.

El biocarbón según los estudios realizados, han demostrado ser una enmienda que mejora en gran medida la CIC, que también facilita la adsorción de contaminantes tóxicos en el suelo y disminuir su biodisponibilidad.

1.3.4.4. Conductividad eléctrica (CE)

Es la capacidad del suelo para transmitir corriente eléctrica este tiene como unidad de medida el siemens; la CE es referido a la cantidad de sales que se presentan en una solución. El valor que se le da a la CE se define por la concentración y composición de las sales disueltas en el medio. El suelo tiene la capacidad de transmitir corriente eléctrica a través del agua intersticial, debido a que este posee electrolitos disueltos por donde los cationes pueden ser intercambiables, asimismo estos se localizan en las superficies de las partículas del suelo cargadas; por lo que esto permite que puedan ser móviles eléctricamente en el suelo (Machado, 2009).

Esto quiere decir que cuando mayor es la Conductividad Eléctrica, mayor será la concentración de sales. Es recomendable que la CE de un sustrato no sea muy alta, en lo posible menor a 1dS/m; esto es debido a que una baja conductividad permite un mejor manejo de la fertilización y de esta manera se disminuyen los problemas de fitotoxicidad en los medio de cultivo.

En estudios donde se prepararon biocarbón a partir de restos de poda de olivo de mostraron una elevada conductividad eléctrica ($21,9 \pm 1,6$) y densidad, por lo que el carbono orgánico, el contenido de carbono. Asimismo presento mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

En caso del biocarbón a partir de astilla de pino presentó una conductividad eléctrica de $(0,61 \pm 0,01)$ (Méndez, A. Rodríguez, BARRÓN C., Castellet, T. Del Campillo, Correa, G. Montero V., 2013).

1.3.4.5. Bioacumulación de metales pesados en suelos agrícolas

La acumulación de los metales pesados en el suelo de los cultivos constituye un grave riesgo ambiental potencial debido a que:

- Afecta la actividad de los microorganismos, causan la disminución de la eficacia de estos para los procesos esenciales para la nutrición vegetal (Ramos, 2002).
- Los metales pesados en el suelo puede ser absorbidos por los vegetales y acumularse en sus raíces, tallos, tejidos y órganos; inhibiendo su crecimiento, asimismo a través de ello puede pasar a la cadena trófica e incluso llegar a afectar al ser humano. Las características que permiten controlar la acumulación, movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo son: El pH, procesos de oxidación-reducción, la cantidad de material orgánica y los mecanismos de intercambio iónico (Ramos, 2002).
- El uso de agroquímicos de forma prolongada puede afectar de gravemente el crecimiento de los cultivos, y de la misma forma disminuir en gran medida su productividad (Ramos, 2002).

1.3.4.6. Impacto del plomo en el ambiente

La zona agrícola del Distrito de San es uno de lugares más contaminados debido a las actividades mineras que existían anteriormente. Se evaluó la concentración de cadmio y plomo en estos suelos agrícolas que se encuentran cercanas al Río Rimac; en los resultados se demostró la alta concentración de estas sustancias

tóxicas, los cuales sobrepasan los Estándares de Calidad del suelo para uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM) (Mendoza, 2015).

En el siguiente cuadro se especifican los impactos que generan metales pesados en el ambiente y en la salud:

Tabla 5 Impacto del plomo en el ambiente y la salud humana

Elemento	Impacto Ambiental	Impacto en la Salud
Plomo	Puede bioacumularse en la cadena alimenticia, concretamente en vegetales y organismos acuáticos, especialmente en los peces.	Tóxico. Anemia. Enfermedades del riñón y del sistema nervioso. Fiebres. Neumonía.

Fuente: (Ciencia Tecnología del Medioambiente; Contreraz, A. Molero, M.; 2011).

1.3.5. Excretas porcinas como material precursor

En el Perú el sector agrícola y ganadera son los principales productores de residuos orgánicos, esto ha representado una gran problemática por la cantidad de volúmenes de residuos de estiércol de los animales y los desechos agrotóxicos que se generan. Por ello es necesario plantear políticas y estrategias que permitan regularizar y dar alternativas de solución a este problema.

La composición de la porquinaza va a depender directamente del tipo de alimentación que estos reciban, las excretas también poseen diferentes sustancias como los sólidos totales y el contenido orgánico que también dependen de la cantidad de agua que se consume.

El aprovechamiento de las excretas porcinas es algo que ha tomado relevancia, debido principalmente a dos factores: Permite promover la estabilización bioquímica de los residuos, por lo tanto permite disminuir el impacto ambiental como contaminante orgánico. También permite ser usado como compostaje en la agricultura, ya que otorga al suelo una

importante reserva energética, fertilidad y estabilidad promoviendo finalmente a restituir su valioso componente orgánico.

En la siguiente (Cuadro N° 4) cuadro se puede observar la composición física-química de las excretas porcinas, que permiten darle este residuo un alto contenido en carbono y nitrógeno, por lo que presenta características excelentes como fertilizante natural para el suelo.

Tabla 6 Composición físico-química de las excretas porcinas

Parámetro	(% en peso seco) Porquinaza
Nitrógeno %	3,10 – 4,87
Fósforo (% P ₂ O ₅)	1,20 – 2,90
Potasio (% K ₂ O)	0,98 – 1,86
Sodio %	0,48 – 0,51
Calcio (% Ca)	0,79 – 0,82
Magnesio (% Mg)	0,087 – 0,150
Zinc %	0,068 – 0,088
Cobre %	0,015 – 0,069
Humedad %	55,7 – 68,9
% Sólidos totales	-
pH	6,5 – 8,6
Conductividad mS/cm	0,95 – 3,91
Materia Orgánica %	42,10 – 55,70
Carbono Orgánico %	24,40 – 32,30
Cenizas %	14,70 – 25,50
Relación C/N	6,6 – 7,8
Densidad g/cc (ms)	0,14 – 0,27

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

La porquinaza presenta una relación carbono/nitrógeno media ya que la óptima se encuentra en el rango de 25-30 según sostiene la FAO.

En el Perú la mayoría de los criaderos porcinos están ubicados en las zonas más pobres, por lo que se desconoce la temática para utilizar las estos residuos como una enmienda para el suelo; es importante también resaltar que estos cerdos son criados y alimentados en condiciones de salubridad inadecuadas, por lo que representa un foco de riesgo para la proliferación de enfermedades patógenas.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problemas generales

- ¿Cuál es la eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo mediante el uso de biocarbón?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las condiciones operativas para la preparación del biocarbón a partir de excretas porcinas?
- ¿Qué cantidad de biocarbon logra una mayor eficiencia en la inmovilización del plomo contenido en el suelo?

1.5. Justificación del estudio

El presente estudio pretende dar una alternativa de solución para la inmovilización de plomo en los suelos agrícolas, a través de la aplicación del biocarbón elaborado a partir de excretas porcinas.

El biocarbón posee características físico-químicas y por sus propiedades quelantes permite adsorber los metales pesados como el plomo, disminuyendo su toxicidad y disminuyendo la biodisponibilidad para la materia orgánica del suelo.

La aplicación del biocarbón brinda diversas ventajas en las actividades agronómicas, permitiendo mejorar las propiedades físicas, biológicas, químicas, asimismo también tiene la capacidad de remediar suelos contaminados con metales pesados (Meier, 2012).

De esta forma se podría optimizar una alternativa para el uso de los residuos de excretas porcinas para producir Biocarbón y aplicarlos en las

actividades agrícolas para mejorar los cultivos, y de esta manera se promueva las buenas prácticas ambientales.

Por ello el presente estudio proporciona un gran beneficio que:

- ✓ Reaprovecha los residuos orgánicos como materia prima para la generación de biocarbón.
- ✓ Propone una alternativa limpia que permita disminuir la biodisponibilidad de plomo en el suelo.
- ✓ Permite generar conocimiento para determinar y conocer la correcta preparación y aplicación del biocarbón a partir de excretas porcinas.
- ✓ Conocer la capacidad del biocarbón producido a partir de las excretas porcinas, para reducir la biodisponibilidad de metales plomo en los suelos.
- ✓ Se estudia las propiedades físico-químicas del biocarbón y sus efectos, para de esta manera determinar su eficiencia en la adsorción de plomo en el suelo agrícola durante la parte experimental.

El biocarbón representa una alternativa de solución en San Mateo, ya que su capacidad de retención de agua, aporte de nutrientes y sobre todo para inmovilizar plomo en los suelos permitirá que se reduzca la acumulación de sustancias tóxicas en el suelo y los cultivos respectivamente. Asimismo estudios también han demostrado que el biocarbón puede inmovilizar metales pesados e incluso pesticidas (Escalante, 2013); este último son los más usados en las actividades agrícolas. Otros autores indican que el biocarbón es altamente recalcitrante en los suelos, ya que posee una buena resistencia a la oxidación química y biológica, por ello el tiempo de residencia de este es de cientos de miles de años, o por lo menos de 10 a 10 mil veces más grandes que el tiempo de residencia de la mayoría del material orgánico del suelo (Escalante, 2013).

La realización de este trabajo de investigación permite que se estudie más a fondo esta enmienda orgánica (biocarbón) y su efecto beneficioso para mejorar las características físicas y químicas del suelo, de esta manera, mayores investigaciones podría permitir su aplicación en otros componentes, tales como el agua, para de esta manera permitir su tratamiento y evitar que se rieguen los cultivos con agua con alta carga contaminante.

La aplicación del Biocarbón permitirá remediar los suelos contaminados con plomo y de esta manera pueda presentar una alternativa de solución para su tratamiento y promueva la conservación de los suelos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- La eficiencia del biocarbón es la máxima concentración de plomo inmovilizado o inhibido en el suelo.

1.6.2. Hipótesis específicos

- Las condiciones operativas del biocarbón estarán definidas por el la temperatura carbonización y el tipo de material precursor.
- Existe una cantidad adecuada de biocarbón que permite alcanzar la máxima eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- Determinar la eficiencia en la inmovilización de plomo en el suelo mediante la aplicación de biocarbón.

1.7.2. Objetivos específicos

- Definir las condiciones operativas para la preparación del biocarbón.
- Determinar las cantidades de biocarbón que permiten obtener una mayor eficiencia en la inmovilización de la concentración plomo disponible en el suelo, agua intersticial y la planta indicadora.

II. Método

2.1. Diseño de la investigación

El estudio tiene un tipo de diseño aplicativo experimental ya que evaluará y aplicará un método de solución para la situación problemática presentada. Se manipularán las variables y se utilizarán diversas técnicas e instrumentos para la toma de datos de la realidad que serán de vital importancia para dar respuesta a las interrogantes.

De este modo se podrá relacionar las variables a partir de los datos obtenidos durante el tiempo de experimentación.

2.2. Variables, Operacionalización

Tabla 7 Variables operacionales

Variable	Definición	Operacionalización	Dimensión	Indicador
Condiciones de operación en la elaboración de biocarbón para inmovilizar plomo en el suelo	Condiciones que determinan el estado del biocarbón.	Condiciones operativas para preparar el biocarbón implica determinar distintos parámetros físicos.	-Parámetros físicos	-Tipo de material precursor -Temperatura de carbonización -Tiempo de carbonización
Eficiencia de biocarbón en la inmovilización de plomo en el suelo	Capacidad del biocarbón para inmovilizar o inhibir la biodisponibilidad del plomo en el suelo.	Cantidades de biocarbón permiten obtener una determinada eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo, agua intersticial y en la planta indicadora.	-Cantidades aplicadas de 0%, 5%, 10% y 20% de Biocarbón.	-Concentración de plomo disponible en el suelo, agua y planta indicadora.

Fuente: Propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población del estudio es comprendida el suelo agrícola contaminado del distrito de San Mateo.

2.3.2. Muestra

Figura 3 Toma de muestra



Se recolectó suelo contaminado de una parcela de la zona agrícola de la localidad de San Mateo de Huanchor

Las tomas de muestra del suelo en la fase experimental, será un tipo de muestreo compuesto por conveniencia, que se tomó (30kg) a una profundidad de 20 cm siguiendo la metodología propuesta para el muestreo en suelos agrícolas en la Guía Para el Muestreo de Suelos (D.S N°002-2013-MINAM).

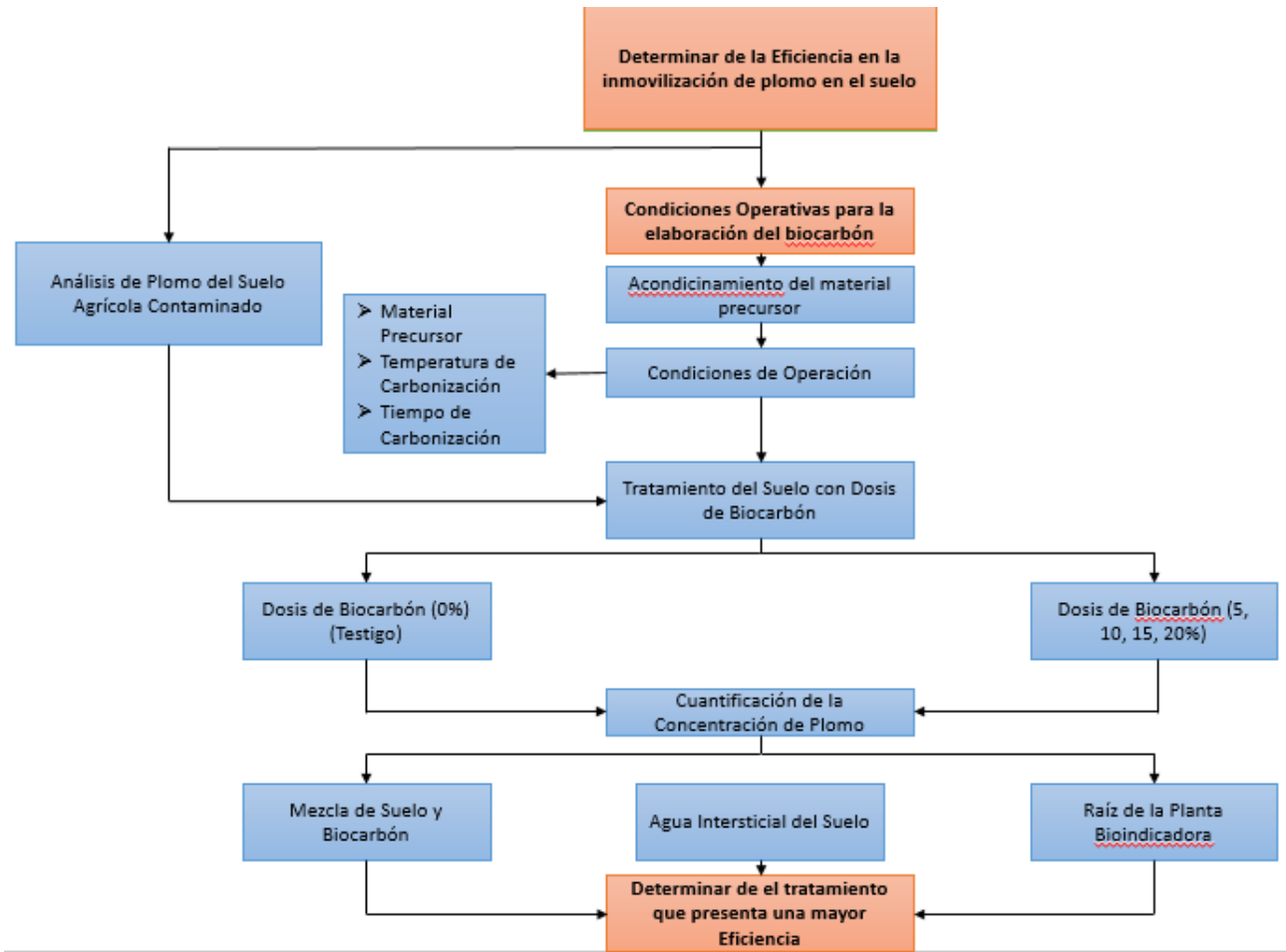
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se efectuó una revisión bibliográfica basada en la revisión de artículos, tesis, informes técnicos, válidos para la investigación. Asimismo se elaboró los formatos de reporte, toma de datos y resultados (Anexo 1).

2.4.1. Eficiencia de los tratamientos en la inmovilización de plomo en el suelo.

La eficiencia del biocarbón en la inmovilización de plomo presente en el suelo estará definida por la máxima cantidad de plomo inmovilizado en el suelo respecto a las cantidades de biocarbón aplicado. Por ello la eficiencia se determinará una vez se hayan obtenido todos los datos necesarios a partir de mediciones de análisis de laboratorio para conocer la concentración de plomo final.

Tabla 8 Fases de la metodología del proyecto



Fuente: Propia

2.4.1.1. Fase I: Condiciones Operativas para la elaboración del biocarbón

a1) Material precursor: Se recolectaron las excretas porcinas (4.30 kg) de un criadero de cerdos para preparar la enmienda orgánica.

Figura 4 Excretas Porcinas



Fuente: Propia

Las excretas porcinas se pre-secaron a una temperatura de 70 °C en una estufa durante un tiempo de 3 horas y se volvieron a secar por 24 horas a temperatura ambiente. Se midió el porcentaje de humedad de la muestra recolectadas, el cual está expresado por la diferencia de pesos (antes y después de ser secadas en una estufa) y se define en % de humedad (g de H₂O/100 g de muestra). El cálculo se hizo a través de la siguiente fórmula:

Las excretas pre-secadas durante 24 horas a temperatura ambiente, para posteriormente se secan en una estufa a una temperatura de 80 °C durante 3 horas.

$$\%HUMEDAD = \frac{PESO_{inicial} - PESO_{final}}{PESO_{inicial}} \times 100$$

PESO inicial = 4.30 kg

PESO final = 4.00 kg

$$\%HUMEDAD = \frac{4.30 - 4}{4.30} \times 100$$

$$\%HUMEDAD = 6.98$$

a.2) Temperatura y Tiempo de Carbonización: El material precursor secado, fue carbonizado por un tiempo de aproximado 2 horas a una temperatura de 500 °C, en una mufla en el laboratorio de la Universidad César Vallejo.

Figura 5 Carbonización de Excretas Porcinas



Fuente: Propia

El biocarbón se secó a temperatura ambiente durante un tiempo de 24 horas aproximadamente antes de ser aplicado en el suelo.

Figura 6 Biocarbón a Partir de Excretas Porcinas



Fuente: Propia

2.4.1.2. Fase II Determinación la cantidades de biocarbón que permitan una mayor eficiencia de inmovilización de plomo

a) Tratamiento del Suelo con Biocarbón

El suelo contaminado con plomo (Pb) fue extraído de la Zona Agrícola del Distrito de San Mateo; en la Provincia de Huarochirí, del Departamento de Lima El suelo contaminado con plomo (Pb) fue extraído de la Zona Agrícola del Distrito de San Mateo; en la Provincia de Huarochirí, del Departamento de Lima. Se analizó la composición físico-química del material y posteriormente fue mezclado con el biocarbón en diferentes cantidades en macetas porosas.

Figura 7 Suelo Homogenizado



Fuente: Propia

Se realizó un análisis inicial de del suelo, para de esta manera conocer su composición (CIC, %Material Orgánico, Conductividad Eléctrica, etc).

Figura 8 Experimentación en Macetas



Fuente: Propia

La cantidad de suelo a utilizar en cada maceta será de 2kg aproximadamente, por lo que la aplicación de biocarbòn en cada tratamiento será 0, 5, 10, y 20% de dicha cantidad. Para ello primero se mezcló el suelo, seguidamente se aplicó

una cantidad de biocarbón determinada, y se extrajo una muestra para su análisis en laboratorio.

a.2) Aplicación de suelo sin tratar (A-Testigo)

El tratamiento testigo es aquel en donde no se adicionará el biocarbón y servirá como indicador para diferenciarlo con los tratamientos que si contienen la enmienda El suelo contaminado se deposita en macetas duplicadas, estos son los “testigos” y tendrán como código “T-1 y T-2”. En cada maceta se depositaron 2 kg de suelo.

Figura 9 Suelo sin tratar en Macetas



Fuente: Propia

a.3) Aplicación de 5% Biocarbón (B – 5%B)

Figura 10 Suelo mezclado con Biocarbón 5%



Fuente: Propia

Se mezcló 6.250 kg de suelo y se aplicó un 5% de biocarbón.

6250 g ----- 100 %

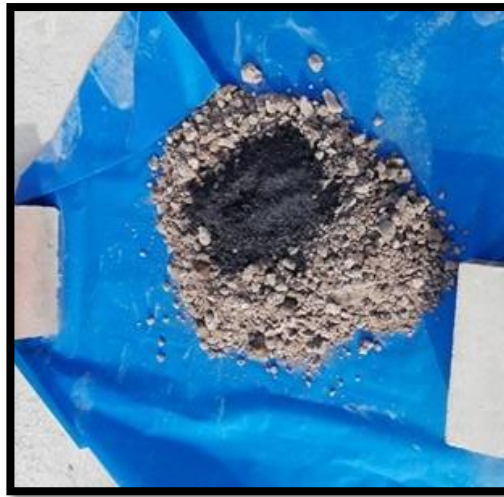
B-5%B----- 5%

B-5%B = 312.5 g de biocarbón.

De esta mezcla se extrajeron 250 g para analizar la concentración de Plomo en el laboratorio.

a.3) Aplicación de 10% Biocarbón (C – 10%B)

Figura 11 Suelo mezclado con Biocarbón 10%



Fuente: Propia

Se mezcló 6.250 kg de suelo y se aplicó un 5% de biocarbón.

6250 g ----- 100 %

B-5%B----- 10%

B-10%B = 625 g de biocarbón.

De esta mezcla se extrajeron 250 g para analizar la concentración de Plomo en el laboratorio.

a.4) Aplicación de 20% Biocarbón (C – 20%B)

Figura 12 Suelo mezclado con Biocarbón 20%



Fuente: Propia

Se mezcló 6.250 kg de suelo y se aplicó un 5% de biocarbón.

6250 g ----- 100 %

B-20%B----- 20% B-5%B = 1250 g de biocarbón.

De esta mezcla se extrajeron 250 g para analizar la concentración de Plomo en el laboratorio.

a.5) Análisis del Agua intersticial

El análisis de plomo en el agua intersticial también será de vital para comprobar que el plomo es inmovilizado, permitiendo que este no lixivie. Este se extrajo a través de los poros de las macetas y se analizaron. Se enviaron al laboratorio muestras de agua intersticial.

Figura 13 Extracción de Agua Intersticial



Fuente: Propia

a.6) Sembrado y análisis de las raíces Lechugas Americanas (“*Lactuca Sativa*”)

Figura 14 “*Lactuca Sativa*” (Lechuga Americana)



Se sembraron plantas de hortaliza en cada maceta, los cuales son utilizados como bioindicador, para conocer el comportamiento de la biomasa frente a esta enmienda (biocarbón). Para el estudio se escogió a la planta hortaliza llamada por su nombre científico “*Lactuca Sativa*” (nombre común: lechuga americana), este presenta textura suave y flexible, posee un tipo de hojas crespadas y es de color verde

oscuro claro y se cultivan en climas relativamente cálidos. Al inicio de la fase experimental se debe mantener una humedad del 60 % durante las dos primeras semanas para estabilizar el la mezcla.

Figura 15 Sembrado de Lechuga



Fuente: Propia

Las Lechugas Americanas (“*Lactuca Sativa*”) se sembraron desde semillas en 8 macetas con suelo y biocarbón. En el tratamiento testigo las semillas tardaron más en germinar a diferencia de los tratamientos con biocarbón. Esto puede deberse a las propiedad de esta enmienda (biocarbón) para almacenar y retener por más tiempo el agua y los nutrientes. El tratamiento en donde la lechuga se desarrolló más rápidamente fue en el que se aplicó 20% de biocarbón.



Tratamiento 10% de Biocarbón Tratamiento 20% de Biocarbón

Fuente: Propia

Al finalizar la prueba experimental se analizaron las raíces de las plantas para conocer la cantidad de plomo absorbido, y de esta manera determinar la eficiencia del biocarbón para inmovilizar el plomo.

Figura 16 “Lactuca Sativa” (Lechugas Americanas)





Fuente: Propia

Al final de la fase experimental que tuvo un tiempo aproximado de dos meses, se realizó un análisis en las raíces de las lechugas para conocer si estas no absorbieron el plomo, por la reducción de su biodisponibilidad en el suelo.



Fuente: Propia

Al finalizar el tiempo de cosecha que fue de aproximadamente 2 meses, se sacaron muestras de raíces para conocer la contracción de plomo acumulado.

a.6) Eficiencia de los tratamientos

Al obtener los resultados de análisis de laboratorio, se conoció el porcentaje de plomo inhibido o inmovilizado (en el suelo, y agua intersticial) y la concentración de plomo en las raíces de la planta indicadora (*Lactuca Sativa*), en los tratamientos a diferentes cantidades de biocarbón. A través de la siguiente fórmula se obtuvo la Eficiencia de Inmovilización de plomo lograda por cada tratamiento en suelo y agua intersticial.

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

%EI= 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.

2.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 9 Cuadro Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos





ETAPAS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Muestreo de suelo	Experimentación	Cadena de custodia	-
Muestreo de agua intersticial	Experimentación	Cadena de custodia	-
Muestreo de raíces (inicio y final)	Experimentación	Cadena de custodia	-
Análisis del suelo (inicio y final)	Observación	Según laboratorio de la Universidad Agraria La Molina	Reporte del análisis de la concentración de plomo en el suelo
Análisis del agua intersticial (inicio y final)	Observación	Según laboratorio Environmental Testing Laboratory	Reporte del análisis de la concentración de plomo en el suelo
Análisis de raíces de la planta	Observación	Según laboratorio de la Universidad Agraria La Molina	Reporte del análisis de la concentración de plomo en las raíces

Fuente: Propia

2.4.3. Equipos y materiales utilizados

Tabla 10 Equipos y Materiales

Nombre	Figura
Balanza	
Estufa	
Mufla	

<p>Crisol</p>	
<p>Bolsas plásticas herméticas</p>	
<p>Fuente</p>	
<p>Macetas porosas de plástico</p>	

Fuente: Propia

2.4.4. Validez

Los datos serán recolectados a partir del trabajo de campo y de los resultados de laboratorio, para ello se realizó un formato diseñado para la investigación, el cual fue validado por expertos, para de esta manera interpretarlos.

Los formatos fueron aprobados por 3 ingenieros expertos que se muestran en el Formato I: Instrumento de Recolección de Datos (Anexo I)

2.4.5. Confiabilidad

El suelo fue recolectado en el distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri del Departamento de Lima. Los análisis físico-químicos fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Agraria La Molina y las muestras de agua en el laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C.

Los resultados fueron utilizados para determinar la Eficiencia de Inmovilización de Plomo y así mismo calcular el tratamiento que logre una mayor eficiencia de la misma. Los resultados obtenidos se evaluaron teniendo en cuenta la cantidad de plomo inmovilizado en el suelo; la cantidad de plomo antes y después en el agua y la concentración de plomo en las raíces de las plantas indicadoras al final del experimento.

2.5. Método de análisis de datos

El estudio es descriptivo y experimental, por lo que se evalúa las variables dependientes e independientes. Durante el presente trabajo de investigación se desarrollaron diferentes pruebas experimentales para determinar la cantidad de biocarbón que permite una mayor eficiencia. Para corroborar la significancia de los tratamientos se realizó un análisis estadístico de correlación de los resultados obtenidos.

2.6. Aspectos éticos

La información que la investigación proporciona es auténtica, y es obtenido evitando copias de información que se hayan presentado en temas similares tratados.

El motivo de la investigación es propiamente para contribuir a la obtención de información necesaria para posibles estudios posteriores, sin fines de lucro o con el objetivo de causar una afectación a las personas y/o involucrados.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación de las Características Físico-Químicas del Suelo.

Tabla 11 Resultados de las Características Físico Químicas del Suelo

Materiales	Parámetros	Unidad	Cantidad	Observación
Suelo contaminado	CE	dS/m	0.23	
	Arena	%	43.48	
	Limo	%	33.28	
	Arcilla	%	23.24	
	Textura			Franco
	MO	%	3.94	
	pH		8.06	
	CIC	%	15.81	
	P	ppm	26.79	
	K	ppm	126.60	
	CaCO ₃	%	8.01	Nivel Alto

Fuente: Propia

El suelo inicial extraído presenta una textura franco arenoso. El suelo es muy ligeramente salino, posee un porcentaje de materia orgánica de clase media y un porcentaje de CIC medio, por lo que la capacidad para retener cationes o nutrientes importantes para las plantas es baja.

Posee un pH moderadamente alcalino, un pH alcalino alto no es favorable para las plantas, debido a que cuando existe una gran cantidad de sales en el suelo como el carbonato cálcico impide que las plantas puedan absorber gran parte de los nutrientes del suelo, por lo que esto no favorece en su desarrollo.

3.2. Evaluación de la Concentración de Plomo en el Suelo.

Tabla 12 Resultados de la concentración de plomo en el suelo

Tratamientos	Códigos	Concentración Inicial de Plomo (ppm)	Concentración Final de Plomo (ppm)
TESTIGO	(A1-T)	165,7	169,7
	(A2-T)	165,7	166,6
5% de Biocarbón	(B1-5%B)	181	113,3
	(B2-5%B)	181	105,5
10% de Biocarbón	(C1-10%B)	194,6	85,4
	(C2-10%B)	194,6	112,80
20% de Biocarbón	(D1-20%B)	165,4	60,4
	(D2-20%B)	165,4	44,3

Fuente: Propia

3.2.1. Eficiencia de Inmovilización de plomo en el suelo.

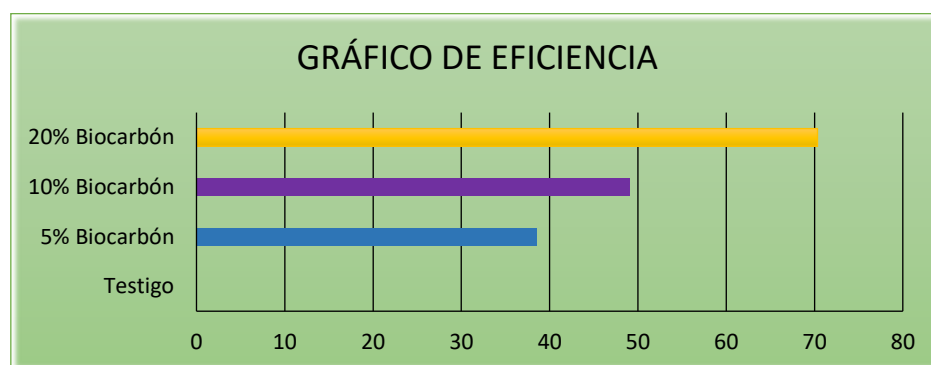
Calculando a través de la fórmula de Eficiencia, se determinó la Eficiencia Total lograda por cada tratamiento con biocarbón en el suelo:

Tabla 13 Eficiencia de Inmovilización de plomo en el suelo

Tratamientos	Códigos	EFICIENCIA (%)	EFICIENCIA TOTAL (PROM) (%)
TESTIGO	(A1-T)	0	0
	(A2-T)	0	
5% de Biocarbón	(B1-10%B)	37,40	38,55
	(B2-10%B)	41,71	
10% de Biocarbón	(C1-10%B)	56,11	49,07
	(C2-10%B)	42,03	
20% de Biocarbón	(D1-20%B)	64,48	70,34
	(D2-20%B)	76,21	

Fuente: Propia

Figura 17 Gráfico de Eficiencia de Inmovilización de Plomo en el Suelo



Fuente: Propia

En el gráfico 17 se puede ver la Eficiencia de Inmovilización de plomo en el suelo de los distintos tratamientos. Las cantidades aplicadas de biocarbón fueron de 0%, 5%, 10% y 20%, los cuales lograron eficiencias de 0%, 35.55%, 49.07% y 70.34% respectivamente.

El tratamiento Testigo mantuvo la misma concentración aproximadamente, ya que en este tratamiento no se aplicó la enmienda, por lo que su eficiencia es nula. En todos los tratamientos se obtuvieron una Eficiencia mayor al 50%, por lo que puede considerarse alta, sin embargo el tratamiento en donde se aplicó 20% de biocarbón obtuvo una mejor resultado, alcanzando una eficiencia de inmovilización de plomo de un 70.34%. Por lo que puede deducirse que esta cantidad aplicada es la más apta para lograr una mejor reducción de plomo en el suelo contaminado.

Asimismo los otros tratamientos también obtuvieron una alta eficiencia logrando reducir la biodisponibilidad de plomo, y se pudo comprobar que la aplicación de esta enmienda no perjudicó al suelo, permitiendo el desarrollo normal de las lechugas.

3.3. Evaluación de la concentración de Plomo en el Agua Intersticial

Tabla 14 Concentración de Plomo en el Agua Intersticial

Tratamientos	Códigos	Concentración Inicial de Plomo (mg/L)	Concentración Final de Plomo (mg/L)
TESTIGO	(A1-T)	0,9	1,2
	(A2-T)	0,82	0,88
5% de Biocarbón	(B1-10%B)	0,7	0,45
	(B2-10%B)	0,6	0,33
10% de Biocarbón	(C1-10%B)	0,61	0,25
	(C2-10%B)	0,5	0,3
20% de Biocarbón	(D1-20%B)	0,45	0,1
	(D2-20%B)	0,5	0,07

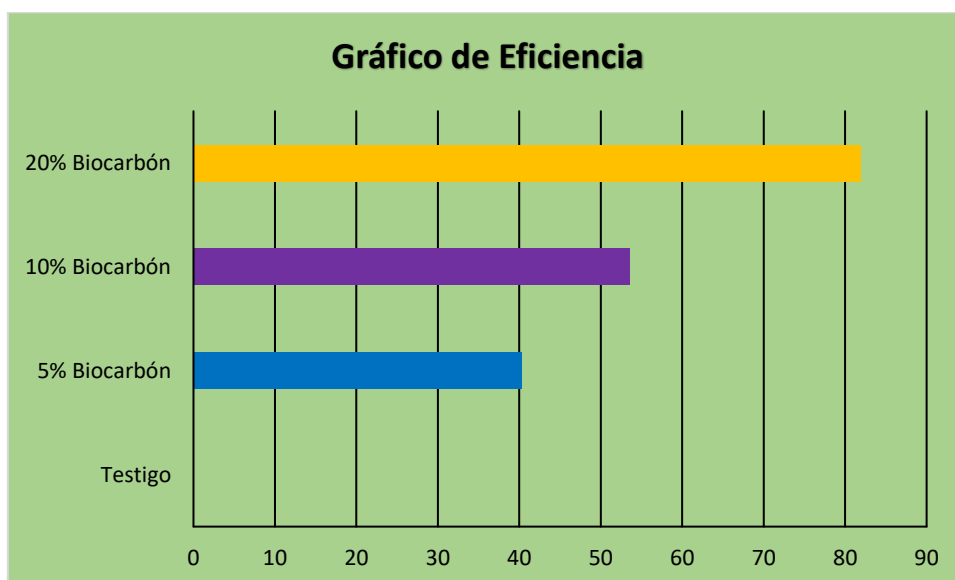
Fuente: Propia

3.3.1. EFICIENCIA DE INMOVILIZACIÓN DE PLOMO EN EL AGUA INTERSTICIAL

Tabla 15 Eficiencia de la reducción de Plomo en el Agua Intersticial

Tratamientos	Códigos	EFICIENCIA (%)	EFICIENCIA TOTAL (PROM) (%)
TESTIGO	(A1-T)	0	0
	(A2-T)	0	
5% de Biocarbón	(B1-10%B)	35,71	40,35
	(B2-10%B)	45	
10% de Biocarbón	(C1-10%B)	59,01	53.6
	(C2-10%B)	80	
20% de Biocarbón	(D1-20%B)	77.78	81.89
	(D2-20%B)	86	

Fuente: Propia



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se puede apreciar las diferentes eficiencias de reducción de la concentración de plomo alcanzada en los diferentes tratamientos con cantidades de biocarbón. El tratamiento de 0%, 5%, 10% y 20% alcanzaron eficiencias de 0%, 40.35%, 53.60% y 81.89% respectivamente.

El tratamiento Testigo mantuvo la misma concentración, ya que en este tratamiento no se aplicó la enmienda, por lo que su eficiencia es nula. Se puede observar que la Eficiencia es mayor cuando mayor es la cantidad de biocarbón aplicado, por lo que el tratamiento con una cantidad de 20% de Biocarbón inmovilizó y redujo la disponibilidad de plomo en el agua intersticial. De igual

forma los otros tratamientos a pesar de lograr una menor Eficiencia, se logró reducir la concentración de plomo en el agua porosa.

A partir de este resultado se puede ver que el aplicar el biocarbón en un 20% no causa un daño y tampoco pone en riesgo otros componentes del suelo, por lo que esta cantidad puede establecerse como la apta para lograr una alta eficiencia para inhibir y reducir el plomo en los suelos agrícolas contaminados.

De esta forma se demuestra el poder de adsorción que tiene el biocarbón. Al retener el plomo en su estructura no permite que este lixivie, por lo tanto el agua intersticial que se extrae a través de los poros del suelo no contenga este metal y así se evite la contaminación de la capa freática o de los ríos cercanos a las zonas agrícolas; que en gran medida son contaminados.

3.4. Concentración de plomo en las raíces de las lechugas (*“Lactuca Sativa”*).

Tabla 16 Concentración de plomo en las raíces de las *Lactuca Sativa*

Tratamientos	Códigos	Concentración Inicial de Plomo (mg/kg)
TESTIGO	(A1-T)	0.7
	(A2-T)	<0.01
5% de Biocarbón	(B1-10%B)	<0.01
	(B2-10%B)	<0.01
10% de Biocarbón	(C1-10%B)	<0.01
	(C2-10%B)	<0.01
20% de Biocarbón	(D1-20%B)	<0.01
	(D2-20%B)	<0.01

Fuente: Propia

La concentración de plomo en las raíces es ínfima, sin embargo puede observarse que el “Testigo” presenta una concentración más alta a diferencia de los otros tratamientos, esto puede deberse a causa de que los metales pueden ser absorbidos por la planta, ya que en este (Tratamiento testigo) no se aplicó la enmienda (Biocarbon); por lo tanto no existe un impedimento para que las raíces de las lechugas puedan acumular metales que se encuentra en el suelo.

3.4.1. Análisis Estadísticos

Se analizaron los datos obtenidos para conocer el nivel de significancia de los tratamientos de tal forma que pueda determinarse la correlación que existe entre ellos. Por ello se realizó:

a) Concentración de plomo en el suelo

Ho= No existe una reducción significativa de la disponibilidad de plomo

H1= Existe una reducción significativa de la disponibilidad de plomo

Nivel de significación

$\alpha = 0.05$

Resultados:

	Inicial	Final
Inicial		
Correlación de Pearson	1	-,403
Sig. (bilateral)		,322
N	8	8
Final		
Correlación de Pearson	-,508	1
Sig. (bilateral)	,199	
N	8	8

Fuente: Propia

R= 0,4

Nivel de confianza= $(0,5)^2 \times 100 = 25\%$

Conclusión

Sig= 0,199 > 0,05; por ello no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto no existe una reducción significativa de plomo.

b) Concentración de plomo en el agua intersticial

Ho= No existe una reducción significativa de plomo en el agua intersticial

H1= Existe una reducción significativa de plomo en el agua intersticial

Nivel de significación

$\alpha = 0.05$

		Correlaciones	
		Inicial	Final
Inicial	Correlación de Pearson	1	,945**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	8	8
Final	Correlación de Pearson	,953**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	8	8

Fuente: Propia

R= 0,4

Nivel de confianza= $(0,9)^2 \times 100 = 81\%$

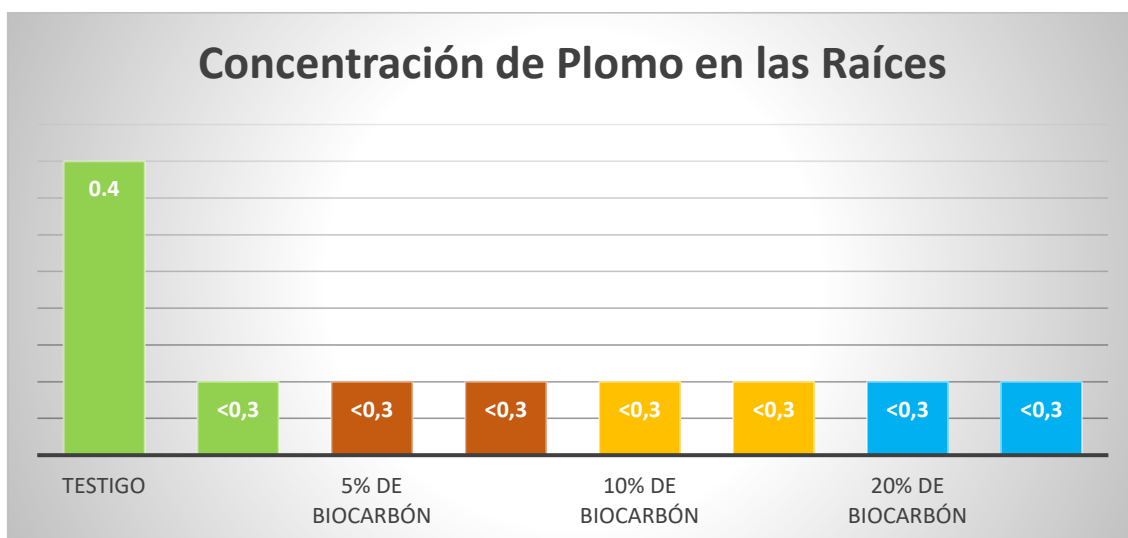
Conclusión

Sig= 0.00 < 0,05; por ello se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe una reducción significativa de plomo en el agua intersticial.

c) Concentración de plomo en las raíces de las lechugas

En el siguiente histograma se puede observar la cantidad de plomo absorbido por las raíces de las lechugas americanas ("*Lactuca Sativa*").

Figura 18 Histograma de la concentración de plomo en las raíces



Fuente: Propia

La concentración de plomo en las raíces de las lechugas americanas es insignificante, sin embargo la concentración en el Tratamiento Testigo es ligeramente mayor a diferencia de los otros tratamientos en donde se aplicaron biocarbón como se puede apreciar en el gráfico de la figura 18.

IV. DISCUSIÓN

- Los residuos de excretas porcinas han demostrado que pueden ser aprovechadas para preparar biocarbón, el cual además de poseer un valor económico accesible permite utilizarse como enmienda natural para mejorar las propiedades del suelo, sobre todo en el campo agrícola. Estos residuos son desechados directamente a los cuerpos de agua, por lo que su aprovechamiento beneficiará en gran medida a la conservación de los recursos naturales.
- El biocarbón en diferentes cantidades permite obtener una alta eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo, sin embargo es necesario conocer la cantidad adecuada que permita reducir la disponibilidad de este metal sin comprometer otras funciones del suelo, principalmente aquellas relacionadas a la afectación del desarrollo de los cultivos.
- A diferencia de otros biocarbones preparados a partir de otro material precursor, este logró una eficiencia del 70% con una cantidad de 20%. Biocarbones preparados a partir de excretas de gallina lograron inmovilizar hasta un 70% con cantidades más bajas; por lo que el biocarbón a partir de excretas porcinas presenta una menor eficiencia.
- Aunque estadísticamente la reducción de la biodisponibilidad del plomo en el suelo no es significativa, es posible utilizar el biocarbón para reducir esta sustancia tóxica en el suelo, ya que a diferencia de otras enmiendas, el biocarbón posee propiedades quelantes y además pueden ser elaboradas por los agricultores a bajo costo; permitiéndoles así que ellos mejoren sus tierras y remedien el suelo de elementos tóxicos.
- De acuerdo a los resultados, se puede comprobar que la aplicación de diferentes cantidades de biocarbón en el suelo ayudó a reducir la disponibilidad de plomo en el suelo. La aplicación al 5%, 10% y 20% alcanzaron una eficiencia de 38,55%, 49,07% y 70,34% respectivamente, sin embargo fue el tratamiento al 20% el que permitió una mayor Eficiencia de Inmovilización de Plomo.

- La concentración de plomo en el agua intersticial permite saber si este metal está siendo inmovilizado por el biocarbón, haciendo que el plomo no lixivie a través del agua; ya que la reducción en su concentración permitió verificar que este está siendo retenido o inhibido por dicha enmienda en su estructura. El tratamiento con cantidades de 5, 10 y 20% de biocarbón permitieron alcanzar una eficiencia de 22.5%, 53.6%, 81.89 % al reducir la concentración de plomo en el agua intersticial. Siendo la más baja la alcanzada por el tratamiento al 5%, sin embargo la más alta reducción fue en el tratamiento con una cantidad de 20% de biocarbón.

- El biocarbón posee diversas propiedades además de ser una enmienda para adsorber metales; algunos estudios señalan también sus propiedades para adsorber otros compuestos más complejos, como son el caso de los herbicidas y pesticidas que son ampliamente usados en la agricultura. Asimismo el biocarbón también posee tasas de respiración mucho menores a los restos de poda, ya que la acumulación de carbono es mucho menor, por lo que la alta estabilidad del C presente en esta enmienda permite el secuestro de C a largo plazo. Por lo tanto el estudio del biocarbón podría beneficiar en la recuperación de suelos contaminados con sustancias tóxicas, como es el caso del distrito de San Mateo, con el objetivo de dar una alternativa de solución a la contaminación ocasionada en el lugar.

V. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que el biocarbón preparado a partir de excretas porcinas a una temperatura de 500 °C durante un tiempo de carbonización de 2 horas permite obtener una enmienda orgánica con la capacidad de inmovilizar el plomo en el suelo y reducir su concentración en el agua intersticial e impidiendo que este metal tóxico sea absorbido por las plantas.
- La Eficiencia Máxima de inmovilización de plomo en el suelo fue de 70.34 % y en el agua intersticial de 81,89 % aplicando una cantidad de biocarbón del 20%, logrando a su vez el desarrollo normal de la biomasa, y evitando que estas últimas absorban metales tóxicos como el plomo a través de sus raíces. Por ello puede concluirse que la cantidad óptima de aplicación de biocarbón en el suelo es del 20%.
- Todos los tratamientos en donde se aplicaron biocarbón lograron reducir la disponibilidad de plomo en el suelo a diferencia del Testigo, en donde el plomo disponible para ser absorbidos por las plantas no se redujo. El biocarbón presenta una alternativa de solución para remediar suelos contaminados con metales, como es el caso de la zona agrícola de San Mateo.
- Estadísticamente no existe una reducción significativa de la disponibilidad de plomo en el suelo, sin embargo si existe una reducción significativa respecto al contenido de plomo en el agua intersticial. Esto se debe a que el plomo adsorbido se mantiene en el biocarbón, sin embargo al ser inmovilizado este ya no puede desplazarse, por tal motivo impide que este metal lixivie a través del agua intersticial y no puede ser absorbido por las raíces de las plantas.
- La planta indicadora lechuga americana (“Lactuca Sativa”) es un factor importante que permitió conocer si el plomo fue inmovilizado en el suelo, de esta manera el análisis de las raíces en la planta indicadora constató que las plantas no absorbieron este metal; por lo que el

bioarbón puede aplicarse a los suelos agrícolas para evitar que sustancias tóxicas en el suelo causen un daño en los seres vivos y eviten su biomagnificación en la cadena trófica.

- El biocarbón puede ser utilizado como un fertilizante para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, por lo tanto es una alternativa que podría aplicarse en la realidad a gran escala, permitiendo que las personas que desarrollan actividades como la agricultura, puedan abastecerse de esta enmienda, ya que posee propiedades únicas para mejorar la calidad de los suelos.

VI. Recomendaciones

- Se debe resaltar que es necesario hacer mayor estudio a esta enmienda, debido principalmente a que la aplicación del biocarbón en el suelo es un tema relativamente nuevo, por lo que existen muy pocos estudios que determine la Capacidad de Carga del Biocarbón (CCB). Ya que se desconoce cuál es la cantidad exacta que puede o debe adicionarse al suelo sin comprometer otras funciones; ya que estos varían dependiendo del material precursor, tipos de suelo y por las condiciones ambientales.

- En el distrito de San Mateo existe una grave contaminación ambiental dejada por las actividades mineras que se desarrollaban en el lugar, ya que no solo el suelo se encuentra afectado, sino también los cuerpos de agua de los que se abastecen los ciudadanos; es necesario implementar sistemas de solución accesibles para los agricultores para de esta manera detener este impacto causado. Por ello el uso de enmiendas como el biocarbón representan una medida limpia y ambientalmente segura para promover la conservación de nuestros recursos.

- Los suelos del distrito de San Mateo se encuentran altamente contaminados por metales pesados, estas sustancias tóxicas no cumplen ninguna función biológica en la cadena trófica, por lo que al ser absorbidos por los cultivos de las zonas agrícolas, pueden estar produciéndose alimentos contaminados. Sin embargo no existe estándares que permitan regular la cantidad máxima admisible de estos metales en los productos alimenticios y si estos son aptos para el consumo humano. Por ello es necesario implementar leyes y estándares de calidad ambiental del contenido máximo de metales pesados en productos alimenticios. Es necesario que las autoridades responsables del cuidado del ambiente, tomen con relevancia esta grave problemática ambiental, que no solo afecta a los suelos agrícolas y las plantas, sino también a la salud de las personas que

consumen estos productos agrícolas como principal fuente de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- A, Venegas. A, Rigol. M, Vidal. [En Línea]. Viability of organic wastes and biochars as amendments for the remediation of heavy metal-contaminated soils. Barcelona, Spain: Chemosphere, 2014. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/263708066_Viability_of_organic_wastes_and_biochars_as_amendments_for_the_remediation_of_heavy_metal-contaminated_soils>.
- Abenza, D. Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta. [En Línea]. España. 2013. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_202695/PFC_DanielPacoAbenza.pdf>.
- Ayala, F. El Biocarbón [En Línea]. Colombia. 2015. Disponible en: <<http://www.slideshare.net/frevadia/el-biocarbon>>.
- Belalcázar, T. Evaluación del biocarbón derivado de cascarilla de arroz como potenciador del establecimiento y proliferación de bacterias en suelos no perturbados [En Línea]. Colombia: 2013. Disponible en: <https://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/76991/1/evaluacion_biocarbon_derivado.pdf>.
- Briseño, S. Aguilar, M. Villegas, J. El Cultivo de la Albahaca. [En Línea]. México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, 2013. Disponible en: <<http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-albahaca-arbitrado.pdf>>.
- Contreras, A. Molero, M. Ciencia Tecnología del Medioambiente. [En Línea]. España. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2011. Disponible en: <<https://books.google.com.pe/books?id=xtvNPP8X6KAC&printsec>>

=frontcover&dq=Ciencia+Tecnolog%C3%ADa+del+Medioambiente&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwio7J20IMjQAhUDYiYKHu3DUcQ6AEIHTAA#v=onepage&q=Ciencia%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Medioambiente&f=false>.

- Cornejo, R. Reducción de la Concentración de Plomo en Suelo Empleando Electrorremediación Ex-Situ. [En Línea]. Perú. 2013.
- Gaskell, V. Morocho, D. EVALUACIÓN DE ADSORCIÓN DE PLOMO Y MERCURIO EN CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE LA CASCARILLA DE ARROZ [En Línea]. Perú. 2015. Disponible en: <<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3653/1/CD00027-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>>
- Machado, G. Medida de la Conductividad Eléctrica Aparente del Suelo por Inducción Electromagnética y Variabilidad Espacial de Propiedades Físicas y Químicas del Suelo. [En Línea]. España. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=oAbR9_kHGnsC&pg=PA21&lpg=PA21&dq=.+La+conductividad+el%C3%A9ctrica+se+transmite+a+trav%C3%A9s+del+suelo,+por+medio+del+agua+intersticial,&source=bl&ots=x4LtS3TY5N&sig=H-z8dVafa0TUxE-J0W4UQUk_ZJs&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjbscLPj8jQAhUBdCYKHWJaBqgQ6AEIGTAA#v=onepage&q=.%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20se%20transmite%20a%20trav%C3%A9s%20del%20suelo%2C%20por%20medio%20del%20agua%20intersticial%2C&f=false>.
- Major, J. Rondon, M. Molina, D. Susan J. Riha & Lehmann, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol [En Línea]. Colombia: Springer Science+Business Media, 2010. Disponible en: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0327-0>>.

- Meier S. Biochar Producido a Partir de Excretas de Gallina Reduce la Biodisponibilidad de CU en Suelos Contaminados con este Metal. [En Línea]. Chile. 2014. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/Eventos/agronomia/2015/Latinoamericano_suelos/C6/C6.%20BIOCHAR%20PRODUCIDO%20A%20PARTIR%20DE%20EXCRETAS%20DE%20GALLINA%20REDUCE%20LA%20BIODISPONIBILIDAD%20DE%20CU%20EN%20SUELOS%20CONTAMINADOS%20CON%20ESTE%20METAL.pdf>
- Méndez, A. Rodríguez, BARRÓN C., Castellet, T. Del Campillo, Correa, G. Montero V. El biocarbón como una herramienta para limitar las emisiones de CO2 y mejorar las propiedades del suelo en el ámbito Mediterráneo. [En Línea]. Colombia. Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2013. Disponible en: <<http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-549.pdf>>.
- Mohammad I, Al-Wabel. Adel, Usman. Ahmed H, El-Naggar. Anwar A, Aly. Hesham M, Ibrahim. Salem, E. Abdulrasoul, Al-Omran. [En Línea]. Conocarpus biochar as a soil amendment for reducing heavy metal availability and uptake by maize plants. Egypt: Editorial Elsevier, 2015. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/269729905_Conocarpu_s_biochar_as_a_soil_amendment_for_reducing_heavy_metal_availability_and_uptake_by_maize_plants>
- Nuñez B. Etchevers, B. Aguirre, G. Hidalgo, M. Elaboración de Biochar con Fines de Remediación de Suelos Contaminados con Metales Pesados. [En Línea]. Perú. 2015. Disponible en: http://www.smcsmx.org/files/congresos/2015/2_INDICE_DE CONTENIDO.pdf
- Obregón, D. Estudio Comparativo de la Capacidad de Adsorción de Cadmio Utilizando Carbones Activados Preparados a Partir de Semillas de Aguaje y de Aceituna [En Línea]. Perú. 2015.

Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5717/OBREGON_DANIEL_ADSORCION_CADMIO.pdf;jsessionid=8C22C2144B5BDD5366D62E0026CE6101?sequence=1>.

- Patrick G. Hunta, Minori Uchimiya, Jeffrey M. Novaka, Kyoung S. Roa. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. [En Línea]. Estados Unidos: ScienceDirect. Disponiblen en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411016956>>.
- Poleo, N. Oliveros, S. Colina, M. Rincón, N. Mesa. Gilberto, C. Estudio de diferentes activantes químicos en la obtención de carbón activado a partir de la cáscara de *Hymenaea courbaril* L. para la remoción de cadmio (II). [En Línea]. Venezuela. 2010. <<http://es.slideshare.net/juanjo1152/cmo-registrar-bibliografa-estilo-iso-ala-ifla>>.
- Prieto, J. González C. Alma D. Gutiérrez, R. Prieto, F. Contaminación y Fitotoxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelos y Agua. [En Línea]. México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2009. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>>.
- Ramos, J. Estudio de la Contaminación por Metales Pesados y Otros Procesos de Degradación Química en Los Suelos. [En Línea]. España. 2002. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=EaxMAQAAQBAJ&pg=PA18&lpg=PA18&dq=metal+pesado+a+aquellos+metales+cuyo+peso+espec%C3%ADfico+es+mayor+que+5g+cm-3&source=bl&ots=djNjk7BUXM&sig=n1cqdsKFhfhfN3B1v_b6Ssk46xFI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwil0JvpjMjQAhVFbSYKHTtHB1gQ6AEIGzAA#v=onepage&q&f=false>.

- Rebolledo, A. Pérez, G. Hidalgo, M. López, J. Campo, J. Valtierra, E y Etchevers, J. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. [En Línea]. México. 2015. Disponible en: <<http://www.revistas-conacyt.unam.mx/terra/index.php/terra/article/viewFile/155/134>>.
- Román, P. Martínez, M. Pantoja, A. Manual de Compostaje del Agricultor. [En Línea]. Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>>.
- Sanchez, J. Metodología de Muestreo de Agua y Suelo Y Medio Ambiente. [En Línea]. 2010. Disponible en: http://abe.ufl.edu/carpena/files/pdf/zona_no_saturada/investigacion_en_zona/p001-007.pdf.
- Tang, J. Wenying, Z. Kookana R. Katayama, A. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. [En Línea]. Japón: The Society for Biotechnology, 2013. <file:///D:/Tesis%20de%20Biocarbon/Tesis/Characteristics-of-biochar-and-its-application-in-remediation-of-contaminated-soil_2013_Journal-of-Bioscience-and-Bioengineering.pdf>.
- Tubert, I. y Talanquer, V. Sobre adsorción de Biocarbón [En Línea]. México. 1997. Disponible en: <<http://cbc.arizona.edu/tpp/adsorcioneq.pdf>>.
- Wang Z. Shen, F. Shen, D. Jiang Y. Xiao, R. Immobilization of Cu²⁺ and Cd²⁺ by earthworm manure derived biochar in acidic circumstance. [En Línea]. China: Elsevier B.V. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074216301838>>.

- Xiaokai, Z. Hailong, W. Lizhi, H. Kouping, L. Ajit, S. Jianwu, L. [En Línea]. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. Berlin, Germany: Environmental Science and Pollution Research, 2013. Disponible en: < <http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-013-1659-0>>.

- Zamora, G. Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía Peruana, Shapaja (*Atta/eaphalerta*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*). [En Línea]. Perú. 2010. Disponible en: <<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/669/K50.Z2-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

ANEXOS

ANEXO I: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

MATRIZ DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
Materiales	Parámetros	Unidad	Cantidad	Observación
Suelo contaminado	CE	dS/m		
	Arena	%		
	Limo	%		
	Arcilla	%		
	MO	%		
	pH			
	CIC	%		
	Textura			
	Plomo Total	ppm		
Biocarbón	pH			
	Carbono	%		
	Nitrógeno	%		
	C/N	%		
	Potasio (K2O)	%		
	Fósforo (P2O5)	%		
	Volumen de poros (Vp)	cm3/g		
	Diametro de poro (Dp)	nm		
Suelo Tratado	CE	dS/m		
	Arena	%		
	Limo	%		
	Arcilla	%		
	MO	%		
	pH			
	CIC	%		
	Textura			
	Plomo Total	ppm		
Agua Intersticial	Pb			
	pH			
	CE			

Fuente: Elaboración Propia

..... De..... Del 2016

Nombre y Apellido del Responsable del Muestreo: Ing. Elias Soto Tuero

[Handwritten signature]
 Dpto. Recursos N.
 Rel. SPP 72

[Handwritten signature]
 ELÍAS SOTO TUERO
 INGENIERO AMBIENTAL Y DE
 RECURSOS NATURALES
 Reg. CIP N° 121649

[Handwritten signature]
 Rita Caballero
 CIP 145791

Fuente: Propia

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabello Torres RITA
 1.2. Cargo e institución donde labora: ASESORA DE TESIS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: VALIDACIÓN D.E. INSTRUMENTO
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Rosario Longwell Palm Robert

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												V	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima..... del 2015

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08944396 - Telf:.....



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres... Soto Tuero Elías
 1.2. Cargo e institución donde labora... CONSULTORA ANDINA SAC
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación... VALIDACION DE INSTRUMENTO
 1.4. Autor(A) de Instrumento... John Robert Ramiro Langwell

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE					
		4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.																X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.																X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.																X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.																X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales																X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.																X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.																X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.																X

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 11 de Noviembre del 2015


 ELÍAS SOTO TUERO
 INGENIERO AMBIENTAL Y DE
 RECURSOS NATURALES
 Reg. CIP N° 121649

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

Fuente: Propia



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

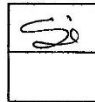
- 1.1. Apellidos y Nombres... Ordoñez Galvez Juan Julio
 1.2. Cargo e institución donde labora... Universidad César Vallejo
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación... Instrumento de Recolección de Datos
 1.4. Autor(A) de Instrumento... Remiro Longua G. John Robert

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación



III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Dima. 22 de Noviembre del 2015

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0847308 Telf.: 5281648

ANEXO II: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
¿Cuál es la eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo mediante el uso de biocarbón?	Determinar la eficiencia en la inmovilización de plomo en el suelo mediante la aplicación de biocarbón.	La eficiencia del biocarbón es la máxima concentración de plomo inmovilizado o inhibido en el suelo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS
¿Cuáles son las condiciones operativas para la preparación del biocarbón a partir de excretas porcinas?	Definir las condiciones operativas para la preparación del biocarbón.	Las condiciones operativas del biocarbón estarán definidas por el la temperatura carbonización, el tipo de material precursor y el tiempo de carbonización.
¿Qué cantidad de biocarbon logra una mayor eficiencia en la inmovilización del plomo contenido en el suelo?	Determinar la cantidad adecuada de biocarbón que permita alcanzar la máxima eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo.	Existe una cantidad adecuada de biocarbón que permite alcanzar la máxima eficiencia de inmovilización de plomo en el suelo.

Fuente: Propia

ANEXO III: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-056



INFORME DE ENSAYO N° 171167 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : JOHN ROMERO LONGWEL
Dirección : Jr. Solidaridad N° 743 Urb. Pro – Los Olivos
Solicitado Por : Sr. John Romero Longwel
Referencia : Cotización N° 819 -17
Proyecto : Eficiencia en la Inmobilization del Plomo en el suelo mediante Aplicacion de dosis de BioCarbon en San Mateo
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : El Cliente
Cantidad de Muestra : 8
Producto : Agua
Fecha de Recepción : 2017/05/19
Fecha de Ensayo : 2017/05/19 al 2016/05/19
Fecha de Emisión : 2017/05/29

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	171167-01	171167-02	171167-03	171167-04
Código de Cliente	A1-T	A2-T	B1	B2
Fecha de Muestreo	19/05/2016	19/05/2016	19/05/2016	19/05/2016
Hora de Muestreo (h)	10:00	10:20	10:40	11:00
Tipo de Producto	Agua	Agua	Agua	Agua

Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Metales Totales (ICP-AES)						
Pb Plomo	mg/L	0,005	0,90	0,82	0,70	0,60

Código de Laboratorio	171167-05	171167-06	171167-07	171167-08
Código de Cliente	C1	C2	D1	D2
Fecha de Muestreo	19/05/2016	19/05/2016	19/05/2016	19/05/2016
Hora de Muestreo (h)	11:20	11:40	12:00	12:20
Tipo de Producto	Agua	Agua	Agua	Agua

Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Metales Totales (ICP-AES)						
Pb Plomo	mg/L	0,005	0,61	0,50	0,45	0,50

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "--" = No Analizado,
* = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ** = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica.

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)	EPA Method 200.7; Rev. 4.4., 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

SIGLAS: *EPA: U.S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis.

Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

**INFORME DE ENSAYO N° 171189
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente : **JOHN ROMERO LONGWEL**
Dirección : Jr. Solidaridad N° 743 Urb. Pro – Los Olivos
Solicitado Por : Sr. John Romero Longwel
Referencia : Cotización N° 7508-17
Proyecto : Eficiencia en la Inmovilización del Plomo en el suelo mediante Aplicación de dosis de BioCarbon en San Mateo
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : El Cliente
Cantidad de Muestra : 8
Producto : Agua
Fecha de Recepción : 2017/07/11
Fecha de Ensayo : 2017/07/13 al 2016/07/17
Fecha de Emisión : 2017/07/17

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	171189-01	171189-02	171189-03	171189-04			
Código de Cliente	A1-T	A2-T	(B1-5%B)	(B1-5%B)			
Fecha de Muestreo	10/05/2016	10/05/2016	10/05/2016	10/05/2016			
Hora de Muestreo (h)	10:00	10:20	10:40	11:00			
Tipo de Producto	Agua	Agua	Agua	Agua			
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Metales Totales (ICP-AES)							
Pb	Plomo	mg/L	0,005	1,2	0,88	0,45	0,33

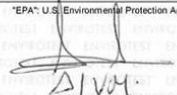
Código de Laboratorio	171189-01	171189-02	171189-03	171189-04			
Código de Cliente	(C1-10%B)	(C2-10%B)	(D1-20%B)	(D2-20%B)			
Fecha de Muestreo	10/05/2016	10/05/2016	10/05/2016	10/05/2016			
Hora de Muestreo (h)	11:20	11:40	12:00	12:20			
Tipo de Producto	Agua	Agua	Agua	Agua			
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	
Metales Totales (ICP-AES)							
Pb	Plomo	mg/L	0,005	0,25	0,30	0,10	0,07

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "--" = No Analizado,
"*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "*" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica.

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)	EPA Method 200.7, Rev. 4.4., 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.


Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.

El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012390

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWECC
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DOSIS DE BIOCARBON EN SAN MATEO
PROCEDENCIA : Provincia de Huarochiri, distrito de San Mateo, departamento de Lima.
RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de Mayo del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12390	A- TESTIGO	165.70



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fa@lamolina.edu.pe



Nº 012392

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWECC
 PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DOSIS DE BIOCARBON EN SAN MATEO
 PROCEDENCIA : Provincia de Huarochiri, distrito de San Mateo, departamento de Lima.
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 16 de Mayo del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12392	C-10%B	194.60



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012391

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWECC
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DOSIS DE BIOCARBON EN SAN MATEO
PROCEDENCIA : Provincia de Huarochiri, distrito de San Mateo, departamento de Lima.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 16 de Mayo del 2017

Lab.	Número de muestra		Pb (ppm)
	Campo		
12391	B-5%B		181.00



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012393

ANALISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWECC
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACION DE PLOMO EN EL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DOSIS DE BIOCARBON EN SAN MATEO
PROCEDECENCIA : Provincia de Huarochiri, distrito de San Mateo, departamento de Lima.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 16 de Mayo del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12393	D-20%B	165.40



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fa@lamolina.edu.pe

Nº 012751

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12751	A1 - T	169.70



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fa@lamolina.edu.pe



Nº 012753

ANALISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
 PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACION DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRICOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
 PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12751	A2-T	166.60



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012142

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
 PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
 PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Lab.	Número de muestra		Pb (ppm)
	Lab.	Campo	
12141		C2-10%B	112.80



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012141

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12141	C1-10%B	85.40



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012143

ANALISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
 PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACION DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRICOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
 PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Lab.	Número de muestra		Pb (ppm)
	Campo		
12143	B2-5%B		105.50



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. María Teresa Velásquez Rojasano
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012144

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
 PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
 PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12144	B1-5%B	113.30



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. J. C. Teresa Velásquez Obispo
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n, Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 012750

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Piñas
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lote	Campo	
12750	01 - 20% B	60.40



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bepinato
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012754

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
PROYECTO : EFICIENCIA EN LA INMOVILIZACIÓN DE PLOMO CON BIOCARBÓN EN SUELO AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE SAN MATEO
PROCEDENCIA : Zona de cultivos agrícolas del distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 6 de Julio del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12750	D2 - 20% B	44.30

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Jersa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN PLANTAS

SOLICITANTE : JOHN ROMERO LONGWELL
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ SAN MATEO
REFERENCIA : H.R. 59157
BOLETA : 463
FECHA : 06/07/17

N° LAB	CLAVES	Pb Ppm
4384	A1 - T	0.7
4385	A2 - T	<0.01
4386	B1 - 5%	<0.01
4387	B2 - 5%	<0.01
4388	C1 - 10%	<0.01
4389	C2 - 10%	<0.01
4390	D1 - 20%	<0.01
4391	D2 - 20%	<0.01



Sady García Bendezú
Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe