

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Efecto del estiércol de ovino
descompuesto y como biochar en la
fitorremediación de plomo con *Triticum
aestivum L.* en un suelo de La Oroya,
2020**

Keyly Gamarra Chavez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2022

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del problema	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación e importancia	4
1.3.1 Justificación.....	4
1.3.2 Importancia	5
1.4 Hipótesis y descripción de variables	5
1.4.1 Hipótesis	5
1.4.2 Descripción de variables	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes del problema	8
2.1.1 Antecedentes locales	8
2.1.2 Antecedentes nacionales	10
2.1.3 Antecedentes internacionales.....	16
2.2 Bases teóricas	22
2.2.1 Enmiendas orgánicas	22
2.2.2.Fitorremediación.....	27
2.2.3. Metales pesados	31
2.3 Definición de términos básicos	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	37
3.1 Método y alcance de la investigación.....	37

3.1.1 Método de la investigación	37
3.1.2 Alcance de la investigación	40
3.2 Diseño de la investigación	40
3.2.1 Diseño experimental.....	40
3.2.2. Tratamientos	41
3.2.3 Estiércol de ovino	43
3.2.4 Biochar	46
3.2.5 Suelo	49
3.2.6 Conducción experimental	55
3.3 Población y muestra	56
3.3.1 Población	56
3.3.2 Muestra	56
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.4.1 Altura de la planta	57
3.4.2 Conteo del número de hojas.....	57
3.4.3 Secado de biomasa.....	57
3.4.4 Peso de materia seca.....	57
3.4.5 Análisis de Pb total del suelo post experimento.....	57
3.4.6 Análisis de Pb total en la raíz	57
3.4.7 Análisis de Pb total en la parte aérea	57
3.4.8 Cálculo del factor de transporte o traslocación (FT).....	58
3.4.9 Cálculo del factor de bioconcentración (FBC)	58
3.4.10 Procesamiento de datos.....	58
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información	60
4.1.1 Absorción de Pb por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.....	60
4.1.2. Absorción de Pb por la parte aérea de <i>Triticum aestivum</i> L.....	64
4.1.3 Factores de bioconcentración (FBC)	65
4.1.4 Factor de bioconcentración total (FBCTT)	70
4.1.5 Factor de translocación (FT).....	72
4.1.6 Materia seca de la parte aérea	74
4.1.7 Materia seca de la parte radicular.....	77
4.1.8 Altura de planta	78
4.1.9 Contenido de Pb en el suelo al final del experimento	80
4.2 Discusión de resultados.....	83
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	88

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.	7
Tabla 2. Tratamientos en estudio.	41
Tabla 3. Cantidad de estiércol de ovino descompuesto y como biochar por tratamiento.	42
Tabla 4. Unidades experimentales de la investigación.	42
Tabla 5. Análisis físico-químico para abonos orgánicos.	45
Tabla 6. Resultados de la caracterización del estiércol.	45
Tabla 7. Características del proceso de producción de biochar.	46
Tabla 8. Rendimiento del biochar elaborado a base de estiércol de ovino.	47
Tabla 9. Resultados de la caracterización del biochar.	48
Tabla 10. Características del muestreo de suelo.	49
Tabla 11. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	50
Tabla 12. Análisis físico-químico y de Pb total del suelo.	52
Tabla 13. Resultados de la caracterización del suelo de La Oroya.	53
Tabla 14. Contenido de Pb total.	54
Tabla 15. Esquema del análisis de variancia.	58
Tabla 16. Absorción de Pb (mg/kg) por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.	60
Tabla 17. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la absorción de Pb por la raíz (mg/kg).	61
Tabla 18. Análisis de variancia de la absorción de Pb por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.	61
Tabla 19. Absorción de Pb (mg/kg) por la parte aérea de <i>Triticum aestivum</i> L.	64
Tabla 20. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la absorción de Pb por la parte aérea (mg/kg).	64
Tabla 21. Resultados del cálculo del FBCR.	65
Tabla 22. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para el FBCR.	66
Tabla 23. Análisis de variancia del FBCR.	66
Tabla 24. Resultados del cálculo del FBCA.	68
Tabla 25. Prueba de normalidad (Shapiro Wilks) para el FBCA.	68
Tabla 26. Análisis de variancia del FBCA.	68
Tabla 27. Resultados del cálculo del FBCTT.	70
Tabla 28. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para el FBCTT.	70
Tabla 29. Análisis de variancia del FBCTT.	71
Tabla 30. Resultados del cálculo del FT.	72
Tabla 31. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para el FT.	73

Tabla 32. Análisis de variancia del FT.....	73
Tabla 33. Resultados de la materia seca de la parte aérea.....	74
Tabla 34. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la materia seca de la parte aérea.....	75
Tabla 35. Análisis de variancia de la materia seca de la parte aérea.	75
Tabla 36. Resultados de la materia seca de la parte radicular.	77
Tabla 37. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la materia seca de raíz.....	77
Tabla 38. Resultados de la altura de planta (cm).	78
Tabla 39. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la altura de planta.	79
Tabla 40. Contenido de Pb en el suelo al final del experimento.....	80
Tabla 41. Prueba de homogeneidad de variancias (Shapiro-Wilks) para el contenido de Pb en el suelo al final del experimento.	80
Tabla 42. Análisis de variancia del contenido de Pb en el suelo al final del experimento.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del biochar sobre las propiedades del suelo para la producción de plantas.	26
Figura 2. Distribución al azar de las unidades experimentales.	43
Figura 3. Muestra de estiércol de ovino descompuesto. a: Estiércol de ovino descompuesto antes de ser acondicionado. b: Estiércol de ovino descompuesto acondicionado.	44
Figura 4. Biochar elaborado a base de estiércol de ovino. a: Biochar antes de ser acondicionado. b: Biochar acondicionado.	48
Figura 5. Suelo de La Oroya. a: Suelo de La Oroya antes de ser acondicionado. b: Suelo de La Oroya acondicionado.	52
Figura 6. Clasificación textural del suelo de La Oroya según el Triángulo textural de USDA.	54
Figura 7. Diagrama metodológico del proceso experimental.	59
Figura 8. Prueba de Duncan para Testigo vs. Combinaciones de tratamientos. Absorción de Pb por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.	62
Figura 9. Prueba de Duncan para niveles del factor A (Fuentes de estiércol de ovino). Absorción de Pb por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.	62
Figura 10. Prueba de Duncan para tratamientos. Absorción de Pb por la raíz de <i>Triticum aestivum</i> L.	63
Figura 11. Prueba de Kruskal-Wallis para tratamientos. Absorción de Pb por la parte aérea de <i>Triticum aestivum</i> L.	65
Figura 12. Prueba de Duncan para tratamientos FBCR.	67
Figura 13. Prueba de Duncan para tratamientos FBCA.	69
Figura 14. Prueba de Duncan para tratamientos FBCTT.	71
Figura 15. Prueba de Duncan para tratamientos FT.	74
Figura 16. Prueba de Duncan para tratamientos. Materia seca de la parte aérea.	76
Figura 17. Prueba de Kruskal-Wallis para tratamientos. Materia seca de la raíz.	78
Figura 18. Prueba de Kruskal-Wallis para tratamientos. Altura de planta, las líneas al centro de las barras representan el error típico.	80
Figura 19. Prueba de Duncan para el contenido de Pb en el suelo al final del experimento. Fuentes de estiércol de ovino.	82
Figura 20. Prueba de Duncan para el contenido de Pb en el suelo al final del experimento. Dosis de fuentes de estiércol de ovino.	82

RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto del estiércol de ovino descompuesto y como biochar en la fitorremediación de plomo con *Triticum aestivum* L. de un suelo contaminado en La Oroya. *Metodología:* Se ensayó dos fuentes de estiércol de ovino, una descompuesta y otra en forma de biochar, cada una a las dosis de cinco, diez y quince por ciento, más un testigo absoluto, dispuestos en un Diseño Completamente al Azar en un arreglo factorial 2 x 3 más un adicional, con tres repeticiones. Se utilizó como especie vegetal *Triticum aestivum* L. cv Vicseño, sembrado en macetas de 5 kg de capacidad, con suelo contaminado de La Oroya, por un periodo de 90 días. Se evaluó absorción de Pb en raíz y hojas, factor de bioconcentración, factor de traslocación, materia seca aérea y de raíz, altura de planta y contenido de Pb en suelo, al inicio y final del experimento. *Conclusiones:* La absorción de Pb fue significativamente mayor por la raíz que por la parte aérea en los tratamientos con 15% de estiércol de ovino y 5% de biochar. El factor de bioconcentración de la raíz y total sobresalió el tratamiento con ovino al 15%, para el factor de bioconcentración en la parte aérea sobresalió el biochar al 10%, estos datos caracterizan al trigo como planta exclusora. El factor de traslocación fue menor a 1 y sobresalió el tratamiento con 10% de biochar, mostrando al trigo como una planta fitoestabilizadora. Las dosis de 10 y 15% de estiércol de ovino incrementaron la materia seca aérea, radicular y altura de la planta de trigo. El biochar superó al estiércol de ovino, y la dosis de 15% a las demás dosis, en reducir la concentración de Pb en el suelo al final del experimento.

Palabras clave: fitorremediación, plomo, estiércol de ovino, biochar.

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of decomposed sheep manure and as biochar in lead phytoremediation with *Triticum aestivum* L. in a contaminated soil of La Oroya Antigua. **Methodology:** Two sources of sheep manure were tested, one decomposed and the other in the form of biochar, each one at the doses of five, ten and fifteen percent, plus an absolute control, arranged in a Completely Random Design in 2 x 3 factorial arrangement plus an additional one, with three repetitions. *Triticum aestivum* L. cv Vicseño was used as a plant species, planted in pots of 5 kg capacity, with contaminated soil from La Oroya Antigua, for a period of 90 days. Pb absorption in roots and leaves, Bioconcentration Factor, Translocation Factor, aerial and root dry matter, plant height and Pb content in soil were evaluated at the beginning and end of the experiment. **Conclusions:** Pb absorption was significantly higher by the root than by the aerial part in the treatments with 15% sheep manure and 5% biochar. The root and total Bioconcentration Factor stood out in the treatment with sheep manure at 15%, for the Bioconcentration in the aerial part, the biochar at 10% stood out, these data characterize wheat as an excluder plant. The Translocation Factor was less than 1 and the treatment with 10% biochar stood out, showing wheat as a phytostabilizing plant. The dose of 10 and 15% of sheep manure increase the aerial and root dry matter and the height of the wheat plant. The biochar surpassed the sheep manure, and the dose of 15% to the other doses, in reducing the concentration of Pb in the soil at the end of the experiment.

Keywords: *Phytoremediation, lead, sheep manure, biochar.*