

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Fitorremediación de suelo contaminado con
plomo utilizando *Urtica urens L.* y estiércol de
vacuno en el distrito de El Mantaro. Jauja 2021**

Damariz Esther Asto Arias
Mavelin Cinthia Avila Pariona

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Pablo César Espinoza Tumialán
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 23 de octubre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**FITORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO UTILIZANDO *Urtica urens L.* Y ESTIÉRCOL DE VACUNO EN EL DISTRITO DE EL MANTARO. JAUJA 2021**", perteneciente a las estudiantes **DAMARIZ ESTHER ASTO ARIAS y MAVELIN CINTHIA AVILA PARIONA**, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (N° de palabras excluidas:) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



PABLO CÉSAR ESPINOZA TUMIALÁN
Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Damariz Esther ASTO ARIAS, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73447078, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "**FITORREMEDIACION DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO UTILIZANDO *Urtica urens* L. Y ESTIERCOL DE VACUNO EN EL DISTRITO DE EL MANTARO.JAUJA 2021**", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

31 de octubre de 2023.



Damariz Esther ASTO ARIAS

DNI. No. 73447078

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Mavelin Cinthia Avila Pariona, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73660128, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "**FITORREMEDIACION DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO UTILIZANDO *Urtica urens* L. Y ESTIERCOL DE VACUNO EN EL DISTRITO DE EL MANTARO.JAUJA 2021**", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

31 de octubre de 2023.



Mavelin Cinthia Avila Pariona

DNI. No. 73660128

FITORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO UTILIZANDO *Urtica urens* L. Y ESTIÉRCOL DE VACUNO EN EL DISTRITO DE EL MANTARO. JAUJA 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco Trabajo del estudiante	<1 %
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
3	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
4	www.chemijournal.com Fuente de Internet	<1 %
5	docobook.com Fuente de Internet	<1 %
6	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
7	www.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %

9	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
10	ecoagri.ac.cn Fuente de Internet	<1 %
11	microbiologyjournal.org Fuente de Internet	<1 %
12	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.cinvestav.mx Fuente de Internet	<1 %
14	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to unasam Trabajo del estudiante	<1 %
16	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
18	www.astesj.com Fuente de Internet	<1 %
19	Reiter, Russel, Dun-Xian Tan, Zhou Zhou, Maria Cruz, Lorena Fuentes-Broto, and Annia Galano. "Phytomelatonin: Assisting Plants to Survive and Thrive", <i>Molecules</i> , 2015.	<1 %

20	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
21	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
22	rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com Fuente de Internet	<1 %
23	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	www.journalirjpac.com Fuente de Internet	<1 %
25	Kamal Usman, Mohammad A. Al-Ghouti, Mohammed H. Abu-Dieyeh. "Chapter 12 Phytoremediation: Halophytes as Promising Heavy Metal Hyperaccumulators", IntechOpen, 2018 Publicación	<1 %
26	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
27	theses.hal.science Fuente de Internet	<1 %
28	www.cwejournal.org Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to National University of Singapore Trabajo del estudiante	<1 %

30	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
32	www.hjkx.ac.cn Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Dumfries and Galloway College Trabajo del estudiante	<1 %
34	Jiye Zhu, Lu Fang, Zhengyao Nie, Xiang Gao. "Ecological Risk Assessment of Heavy Metal in Urban Area Soil", 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2010 Publicación	<1 %
35	bibliotecadigital.exactas.uba.ar Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
38	www.ecoagri.ac.cn Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to University of Derby Trabajo del estudiante	<1 %

40	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
41	elar.urfu.ru Fuente de Internet	<1 %
42	espace.library.uq.edu.au Fuente de Internet	<1 %
43	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.ujed.mx Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
46	ciencias.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
49	seer.ufu.br Fuente de Internet	<1 %
50	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
51	dspace.epoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

52	repositorio.xoc.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
53	revistas.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	sznii.vscs.ac.ru Fuente de Internet	<1 %
55	fisiologiavegetal2014.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
56	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
57	Submitted to Universiti Teknologi Petronas Trabajo del estudiante	<1 %
58	digital.csic.es Fuente de Internet	<1 %
59	tel.archives-ouvertes.fr Fuente de Internet	<1 %
60	Carmen Hernández Crespo. "Evaluación del contenido de Sulfuros Ácidos Volátiles y Metales Extraídos Simultáneamente en los sedimentos de L'Albufera de Valencia. Modelación matemática de procesos biogeoquímicos en el perfil del sedimento", Universitat Politecnica de Valencia, 2013 Publicación	<1 %

61	austinpublishinggroup.com Fuente de Internet	<1 %
62	dl.sciencesocieties.org Fuente de Internet	<1 %
63	ijswr.ut.ac.ir Fuente de Internet	<1 %
64	www.e3s-conferences.org Fuente de Internet	<1 %
65	www.scielo.br Fuente de Internet	<1 %
66	www.tjnpr.org Fuente de Internet	<1 %
67	api.intechopen.com Fuente de Internet	<1 %
68	culturacientifica.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
69	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
70	repositorio.promperu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
71	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
72	scholarworks.uvm.edu Fuente de Internet	<1 %

73	www.biofisika.org Fuente de Internet	<1 %
74	www.meddocsonline.org Fuente de Internet	<1 %
75	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
76	Submitted to University of Huddersfield Trabajo del estudiante	<1 %
77	bulletin.esoil.ru Fuente de Internet	<1 %
78	cjb.ijournals.cn Fuente de Internet	<1 %
79	ingenieriacivil.cedex.es Fuente de Internet	<1 %
80	mts.intechopen.com Fuente de Internet	<1 %
81	Submitted to Submitted on 1685654195895 Trabajo del estudiante	<1 %
82	Submitted to Universidad Del Magdalena Trabajo del estudiante	<1 %
83	Submitted to University of Arizona Trabajo del estudiante	<1 %
84	dspace.lib.cranfield.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

85	fedorabg.bg.ac.rs Fuente de Internet	<1 %
86	knepublishing.com Fuente de Internet	<1 %
87	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
88	pure.ewha.ac.kr Fuente de Internet	<1 %
89	www.oalib.com Fuente de Internet	<1 %
90	(07-11-21) http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/BAY%C3%A9 Fuente de Internet	<1 %
91	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
92	el.erdc.usace.army.mil Fuente de Internet	<1 %
93	hrcak.srce.hr Fuente de Internet	<1 %
94	journals.im.ac.cn Fuente de Internet	<1 %
95	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %

96	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
97	revistatyca.org.mx Fuente de Internet	<1 %
98	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
99	usi.earth.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
100	www.lesa.es Fuente de Internet	<1 %
101	Submitted to UNILIBRE Trabajo del estudiante	<1 %
102	Submitted to Universidad Wiener Trabajo del estudiante	<1 %
103	app.trdizin.gov.tr Fuente de Internet	<1 %
104	cglhub.com Fuente de Internet	<1 %
105	repositorio.imta.mx Fuente de Internet	<1 %
106	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	<1 %
107	repositorioubasibbi.uba.ar Fuente de Internet	<1 %

108	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
109	www.researchsquare.com Fuente de Internet	<1 %
110	www.sapub.org Fuente de Internet	<1 %
111	Jorge Valdés, Marcos Guinez, Alexis Castillo, Sue Ellen Vega. "Cu, Pb, and Zn content in sediments and benthic organisms from San Jorge Bay (northern Chile): Accumulation and biotransference in subtidal coastal systems", Ciencias Marinas, 2014 Publicación	<1 %
112	certop.cnrs.fr Fuente de Internet	<1 %
113	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
114	gredos.usal.es Fuente de Internet	<1 %
115	laccei.org Fuente de Internet	<1 %
116	mundoverdegrowshop.es Fuente de Internet	<1 %
117	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %

118	repositorio.uam.es Fuente de Internet	<1 %
119	repositorio.uca.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
120	ECOPLANEACION CIVIL S.A ING.CONSULT.CON.S. "EIA de la C.H. Yuncán- IGA0001178", Memorando N° 891-98- EM/DGAA, 2020 Publicación	<1 %
121	JAVIER CRUZ HERNÁNDEZ. "Valoración agronómica de compost y vermicompost de alperujos mezclados con otros residuos agrícolas, efecto como enmiendas sólidas y líquidas.", Universitat Politecnica de Valencia, 2009 Publicación	<1 %
122	Submitted to Universidad Adolfo Ibáñez Trabajo del estudiante	<1 %
123	Submitted to Universidad Tecnológica de Honduras Trabajo del estudiante	<1 %
124	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
125	www.eurekaselect.com Fuente de Internet	<1 %

www.fceqyn.unam.edu.ar

126	Fuente de Internet	<1 %
127	David Anibal Paz Panduro. "Impacto de los diarios digitales en la votación electoral", Industrial Data, 2020 Publicación	<1 %
128	SCHLUMBERGER DEL PERU S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cuajone-IGA0000334", R.D. N° 444-2012-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
129	Submitted to The University of Manchester Trabajo del estudiante	<1 %
130	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
131	scielosp.org Fuente de Internet	<1 %
132	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
133	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
134	eprints.mdx.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

soil.msu.ru

135	Fuente de Internet	<1 %
136	www.globalsciencebooks.info Fuente de Internet	<1 %
137	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
138	Submitted to De Montfort University Trabajo del estudiante	<1 %
139	Submitted to Kenyatta University Trabajo del estudiante	<1 %
140	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
141	medcraveonline.com Fuente de Internet	<1 %
142	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
143	www.theses.fr Fuente de Internet	<1 %
144	CESEL S A. "PMA de la Central Térmica Tablazo Colán - Piura a Gas Natural-IGA0002103", R.D. N° 121-2011-MEM/AAE, 2020 Publicación	<1 %

145	Fuente de Internet	<1 %
146	ejournal.unsrat.ac.id Fuente de Internet	<1 %
147	journals.tums.ac.ir Fuente de Internet	<1 %
148	limnologia.net Fuente de Internet	<1 %
149	munihuancayo.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
150	pdffox.com Fuente de Internet	<1 %
151	ww2.ufps.edu.co Fuente de Internet	<1 %
152	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
153	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
154	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
155	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
156	repositorioinstitucional.uaslp.mx Fuente de Internet	<1 %

157	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
158	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
159	www.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1 %
160	A Rajan, B Shanthi, M Kalyani. "Effect of season, sex and reproduction on zinc concentration in the soft tissues of <i>Meretrix casta</i> (Chemnitz) (Mollusca: Bivalvia) collected from Vellar Estuary, Porto Novo, India", <i>Ciencias Marinas</i> , 2021 Publicación	<1 %
161	Helena Dvořáčková, Paloma Hueso González, Jaroslav Záhora, RS Ruiz Sinoga. "El efecto de los polímeros absorbentes en la actividad microbiológica del suelo bajo condiciones mediterráneas", <i>Revista MVZ Córdoba</i> , 2018 Publicación	<1 %
162	Luis Cortés, Francisco Martín, Margarita Sarria. "Evaluación de la toxicidad de metales pesados en dos suelos agrícolas de Colombia mediante bioensayos", <i>Temas Agrarios</i> , 2017 Publicación	<1 %
163	bdigital.uncu.edu.ar Fuente de Internet	<1 %

164	eol.org Fuente de Internet	<1 %
165	eur-lex.europa.eu Fuente de Internet	<1 %
166	pdf.usaid.gov Fuente de Internet	<1 %
167	productosplasticos.com Fuente de Internet	<1 %
168	repositorio.ual.es Fuente de Internet	<1 %
169	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
170	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
171	ri.agro.uba.ar Fuente de Internet	<1 %
172	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
173	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
174	vocab.nerc.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
175	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %

176	www.123teachme.com Fuente de Internet	<1 %
177	www.controlbiologico.org.mx Fuente de Internet	<1 %
178	www.inchem.org Fuente de Internet	<1 %
179	www.ingenieria.uaslp.mx Fuente de Internet	<1 %
180	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %
181	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
182	www.spell.org.br Fuente de Internet	<1 %
183	www.uco.es Fuente de Internet	<1 %
184	"Especialización en micorrizas: factores ecológicos e implicancias macroevolutivas", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019 Publicación	<1 %
185	1library.co Fuente de Internet	<1 %
186	CONSULRORIA CARRANZA E.I.R.L.. "PMA del Proyecto de Construcción y Funcionamiento de la Base de Operaciones Kiteni-	<1 %

- 187 DAICY DE JESÚS MENDOZA HERNÁNDEZ. <1 %
"Vermicompost y compost de residuos
hortícolas como componentes de sustratos
para la producción de planta ornamental y
aromática. Caracterización de los materiales y
respuesta vegetal", Universitat Politecnica de
Valencia, 2010
Publicación
-

- 188 E. Gimeno-García, V. Andreu, R. Boluda. <1 %
"Distribution of heavy metals in rice farming
soils", Archives of Environmental
Contamination and Toxicology, 1995
Publicación
-

- 189 I Riba, JM Forja, V Zitko, TA DelValls. <1 %
"Deriving
sediment quality guidelines in the
Guadalquivir estuary associated with the
Aznalcollar minig spill: A comparison of
different approaches", Ciencias Marinas, 2003
Publicación
-

- 190 Submitted to Pontificia Universidad Catolica <1 %
del Ecuador - PUCE
Trabajo del estudiante
-

- 191 Prat Forga, Josep M², Universitat Autònoma <1 %
de Barcelona. Departament de Geografia. "El
Turismo industrial como elemento de

revalorización del territorio : un análisis desde las relaciones sociales presentes en los destinos : análisis de casos en Cataluña, Escocia y Alsacia", [Barcelona] : Universitat Autònoma de Barcelona,, 2013

Fuente de Internet

192 Submitted to Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía <1 %

Trabajo del estudiante

193 aplicaciones.virtual.unal.edu.co <1 %

Fuente de Internet

194 asr.urmia.ac.ir <1 %

Fuente de Internet

195 biblioteca.inia.cl <1 %

Fuente de Internet

196 cideteq.repositorioinstitucional.mx <1 %

Fuente de Internet

197 docplayer.es <1 %

Fuente de Internet

198 dspace.uah.es <1 %

Fuente de Internet

199 eprints.ucm.es <1 %

Fuente de Internet

200 ipicyt.repositorioinstitucional.mx <1 %

Fuente de Internet

201	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %
202	repositorio.ucm.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1 %
203	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
204	sourceforge.net Fuente de Internet	<1 %
205	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
206	vdocuments.pub Fuente de Internet	<1 %
207	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
208	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
209	vvmr.ru Fuente de Internet	<1 %
210	www.diversegarden.com Fuente de Internet	<1 %
211	www.engormix.com Fuente de Internet	<1 %
212	www.fundicot.org Fuente de Internet	<1 %

213	www.growingempowered.org Fuente de Internet	<1 %
214	www.oas.org Fuente de Internet	<1 %
215	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
216	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
217	www.sheldrake.org Fuente de Internet	<1 %
218	www.sidalc.net Fuente de Internet	<1 %
219	zh.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
220	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
221	Emiro Andres Suárez Paternina, Libardo Alfonso Maza Angulo, Wilson Andres Barragán Hernández, Rene Mauricio Patiño Pardo et al. "Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano", Revista MVZ Córdoba, 2018 Publicación	<1 %

222 Saranya Kuppusamy, Thavamani Palanisami, Mallavarapu Megharaj, Kadiyala Venkateswarlu, Ravi Naidu. "Chapter 1 In-Situ Remediation Approaches for the Management of Contaminated Sites: A Comprehensive Overview", Springer Science and Business Media LLC, 2016
Publicación

223 coggle.it
Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

ASESOR

Ing. Pablo César Espinoza Tumialán

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradecer a Dios por protegernos, por guiarnos en nuestros caminos y en esta etapa universitaria; además, por toda la fortaleza brindaba para superar las dificultades y los obstáculos a lo largo de nuestras vidas, agradecidas con Dios por las bendiciones y la oportunidad de haber logrado un objetivo trazado que se tuvo desde el inicio de esta etapa.

A nuestra alma máter, la Universidad Continental, por la formación íntegra en nuestra carrera profesional.

A nuestros docentes, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, por impartir los conocimientos y experiencias adquiridas en su recorrido profesional.

A nuestro asesor, por su guía en este proceso de la elaboración de la presente investigación.

A nuestros padres y familiares, que nos apoyaron moral y económicamente en el desarrollo de nuestra formación profesional y decisiones tomadas en nuestras vidas; agradecidas por su confianza y su apoyo incondicional.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial la presente investigación a mi madre, Lucila Arias, y hermanos, quienes siempre estuvieron a mi lado en este largo camino de formación profesional, gracias por su apoyo incondicional, logré concluir mis estudios satisfactoriamente.

Damariz Asto Arias.

A mis padres, Yolanda y Edgar, por sus consejos, por su gran amor, su fortaleza y apoyo incondicional depositada en mí.

Mavelin Avila Pariona.

ÍNDICE

ASESOR	xxviii
AGRADECIMIENTOS	xxix
DEDICATORIA	xxx
ÍNDICE	xxxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxxiv
ÍNDICE DE TABLAS	xxxv
RESUMEN	xxxvi
ABSTRACT	xxxvii
INTRODUCCIÓN	xxxviii
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
1.1.2.1. Problema general	3
1.1.2.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación e importancia	4
1.3.1. Justificación social	4
1.3.2. Justificación ambiental	4
1.3.3. Justificación económica	4
1.4. Hipótesis y descripción de variables	5
1.4.1. Hipótesis nula	5
1.4.2. Hipótesis alterna	5
1.4.3. Hipótesis específicas	5

1.4.4.	Descripción de variables.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		8
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	11
2.2.	Bases teóricas.....	13
2.2.1.	La contaminación por plomo.....	13
2.2.1.1.	El plomo en la naturaleza.....	13
2.2.1.2.	El Pb en el suelo.....	14
2.2.2.	La fitorremediación.....	15
2.2.3.	La fitoestabilización.....	18
2.2.4.	La fitoextracción.....	20
2.2.5.	Indicadores de distribución de metales en la planta.....	22
2.2.6.	Enmiendas orgánicas.....	23
2.2.7.	La ortiga (<i>Urtica urens L.</i>).....	25
2.3.	Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		28
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	28
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	28
3.1.1.1.	Método general.....	28
3.1.1.2.	Método específico.....	29
3.1.2.	Tipo de investigación.....	30
3.1.3.	Nivel de investigación.....	30
3.2.	Diseño de la investigación.....	30
3.3.	Población y muestra.....	31
3.3.1.	Población.....	31
3.3.2.	Muestra.....	32
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32

3.4.1.	Conducción experimental	32
3.4.2.	Análisis de plomo total en la planta.....	41
3.4.3.	Análisis de plomo total en el suelo después del experimento	41
3.4.4.	Cálculo del factor de bioconcentración (FBC).....	41
3.4.5.	Procesamiento de los datos.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		44
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	44
4.1.1.	Absorción de plomo con <i>Urtica urens L.</i>	44
4.1.2.	Factor de bioconcentración de plomo por <i>Urtica urens L.</i>	45
4.1.3.	Concentración inicial de Pb en el suelo	45
4.2.	Prueba de hipótesis	47
4.2.1.	Hipótesis específica 1	47
4.2.1.1.	Absorción de Pb en toda la planta	47
4.2.1.2.	Factor de bioconcentración (FBC)	50
4.2.2.	Hipótesis específica 2	51
4.3.	Discusión de resultados.....	54
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES.....		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59
ANEXOS		67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.	34
Figura 2. Instalación de tratamientos.	35
Figura 3. Siembra de <i>Urtica urens</i> L.	36
Figura 4. Monitoreo de crecimiento de <i>Urtica urens</i> L.	38
Figura 5. Tratamiento con cuatro plantas de <i>Urtica urens</i> L.	38
Figura 6. Control de especies.	39
Figura 7. Diagrama metodológico del proceso experimental.	43
Figura 8. Test de Duncan (Pb en la planta).	49
Figura 9. Prueba de Duncan para la acumulación de Pb en la planta de <i>Urtica urens</i> L.	49
Figura 10. Prueba de Kruskal Wallis para el FBC de <i>Urtica urens</i> L.	51
Figura 11. Test de Duncan (Pb en el suelo).	53
Figura 12. Prueba de Duncan para el contenido de Pb en el suelo.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosificación de EV.	6
Tabla 2. Operacionalización de las variables.	7
Tabla 3. Concentración máxima de metal pesado en el estiércol de vacuno.	9
Tabla 4. Resultados del análisis de caracterización del suelo del experimento del distrito de El Mantaro.	29
Tabla 5. Tratamiento del estudio.	31
Tabla 6. Georreferenciación de puntos de muestreo del suelo contaminado, zona 18S UTM.	33
Tabla 7. Absorción de plomo (mg/kg) por la parte aérea de <i>Urtica urens L.</i>	44
Tabla 8. Factor de bioconcentración (FBC) de <i>Urtica urens L.</i>	45
Tabla 9. Resultados del análisis de plomo en el suelo.	45
Tabla 10. Resultados del análisis de Pb en el estiércol de vacuno - distrito de El Mantaro.	46
Tabla 11. Concentración final de Pb en el suelo.	46
Tabla 12. Análisis de Pb en el suelo después de la cosecha de <i>Urtica urens L.</i>	47
Tabla 13. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la acumulación de Pb en toda la planta.	48
Tabla 14. Análisis de varianza para la acumulación de Pb en toda la planta.	48
Tabla 15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el FBC de Pb en <i>Urtica urens L.</i> .	50
Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración final de Pb en el suelo.	52
Tabla 17. Análisis de varianza para el contenido de Pb en el suelo al final del experimento.	52

RESUMEN

Como objetivo, se determinó el efecto de la ortiga (*Urtica urens L.*), con aplicación de estiércol de vacuno, en la fitorremediación de plomo en suelo agrícola del distrito de El Mantaro, Jauja. El método general de la investigación fue hipotético y deductivo, de tipo aplicado, de nivel experimental, utilizando un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones. El contenido inicial de Pb en el suelo fue de 2600 mg/kg. Los tratamientos fueron: T1 = 0 % estiércol de vacuno (EV), T2 = 5 % EV, T3 = 10 % EV, T4 = 15 % EV y T5 = 20 % EV, dispuestos en macetas de cinco kg de capacidad. El estiércol de vacuno tuvo un contenido de 180 mg Pb/kg estiércol, considerado alto. Los resultados mostraron que el tratamiento con 5 % de EV tuvo mayor absorción de Pb por la “ortiga”, mayor factor de bioconcentración (FBC) y menor concentración final de Pb en el suelo. El FBC fue menor que la unidad. La alta concentración inicial de Pb en el suelo, junto con la presencia de Pb en el EV, incrementaron la cantidad de Pb en el suelo en el tratamiento testigo y con 10 % de EV. Se recomienda utilizar otras fuentes de enmiendas orgánicas asociado con flushing para incrementar la eficiencia de remediación de *Urtica urens L.*

Palabras clave: fitorremediación, *Urtica urens L.*, plomo, suelo contaminado.

ABSTRACT

As an objective, the effect of the nettle (*Urtica urens L.*) was determined, with application of bovine manure, in the phytoremediation of lead in agricultural soil of the district of El Mantaro, Jauja. The general method of the investigation was hypothetical and deductive, of the applied type, of the experimental level, using a completely randomized design with 5 treatments and three repetitions. The initial content of Pb in the soil was 2600 mg/kg. The treatments were: T1 = 0 % bovine manure (EV), T2 = 5 % EV, T3 = 10 % EV, T4 = 15 % EV and T5 = 20 % EV, arranged in pots of five kg capacity. The bovine manure had a content of 180 mg Pb/kg manure, considered high. The results showed that the treatment with 5 % EV had a higher absorption of Pb by the "nettle", a higher bioconcentration factor (BCF) and a lower final concentration of Pb in the soil. BCF was less than unity. The high initial concentration of Pb in the soil, together with the presence of Pb in the EV, increased the amount of Pb in the soil in the control treatment and with 10 % EV. It is recommended to use other sources of organic amendments associated with flushing to increase the remediation efficiency of *Urtica urens L.*

Keywords: phytoremediation, *Urtica urens L.*, lead, contaminated soil.

INTRODUCCIÓN

Los registros de las altas concentraciones de metales pesados encontrados en diversos suelos en todo el mundo, ya sean en los alrededores de plantas de procesamiento de minerales, fábricas e industrias, nos indican que tienen una gran influencia mostrando que estas actividades antropogénicas son uno de los factores más influyentes, aunque en algunos casos se deben factores naturales (1).

En el Perú, a pesar de los problemas en temas ambientales como la contaminación del suelo, aquellos no se han abordado adecuadamente en la problemática principal y en sus causas, por lo cual no han recibido la atención adecuada. Se hace necesario diseñar estrategias integrales, donde incluya la evaluación, planificación, secuenciación de sitios y la aplicación para la descontaminación y el aprovechamiento eficiente del suelo, las cuales no afecten el medio ambiente ni la salud de la población (2).

Los metales pesados en los suelos como contaminantes inorgánicos no son biodegradables, lo cual evidencia una preocupación crítica para los organismos vivos y el ambiente a través de su acción como compuestos cancerígenos y mutagénicos, para lo cual es esencial iniciar actividades para la descontaminación de los suelos y la remoción de dichos contaminantes (3).

En dicha secuencia, el complejo metalúrgico de La Oroya fue el principal factor responsable de la destrucción de los terrenos entre Jauja y Huancayo. Su informe muestra que las concentraciones más altas de metales pesados ocurren a profundidades entre 0 y 50 centímetros, mientras que las concentraciones de plomo en otros lugares pueden acumularse a niveles promedio muy altos de 1000 a 2000 mg/kg (2).

Asimismo, existen diversas tecnologías para remediar los suelos contaminados con metales pesados. Estas pueden ser clasificadas en físicas, tales como la remoción del suelo, aislamiento y vitrificación (4), químicas como la estabilización/solidificación y el lavado (5), así como también se tienen tecnologías biológicas como la biosorción y absorción de metales por microorganismos (6), sin embargo, la mayoría de estas tecnologías son económicamente elevadas, donde se requiere mano de obra y causan contaminación secundaria en el entorno (7).

Por lo tanto, se necesitan métodos de descontaminación más baratos y más respetuosos con el medio ambiente. El uso de especies de plantas para eliminar contaminantes de los ecosistemas terrestres es una técnica prometedora y rentable conocida como fitorremediación (8).

Este estudio se realizó en un suelo contaminado en el distrito de El Mantaro de Jauja, utilizando especies de *Urtica urens L.* y estiércol de vacuno para evaluar la fitorremediación.

El estudio consta de cuatro capítulos. En el primer capítulo se explica el planteamiento de la investigación y la formulación del problema, así como el propósito y justificación del estudio.

El marco teórico del segundo capítulo incluye la justificación de la elección de los temas, la base teórica y las definiciones de los conceptos básicos utilizados en el estudio.

El Capítulo III analiza la metodología, incluidos los métodos y parámetros de investigación, el diseño de la investigación, las poblaciones y muestras de estudio, y los métodos y herramientas utilizados para la recopilación de datos.

Finalmente, el Capítulo IV presenta los resultados y la discusión con tablas relacionadas y análisis de datos.

Las autoras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La calidad del agua del río Mantaro se ve afectada por las responsabilidades ambientales asociadas a las actividades mineras en la provincia de La Oroya, dado que se utiliza para regar los campos del valle. Esta fuente de agua contiene muchos minerales como arsénico, cadmio y plomo, convirtiéndose en uno de los principales factores que afectan las tierras agrícolas (9).

En la margen izquierda del distrito de El Mantaro se desarrollan actividades agrícolas, abarcando el 56 % de la superficie del distrito, además, un 57 % es de regadío mediante canales de irrigación y el 43 % de regadío pluvial. Hoy en día, el Canal de Irrigación de la Margen Izquierda del Mantaro (CIMIRM) se usa con mayor frecuencia para regar las tierras de cultivo en El Mantaro y otros distritos durante la estación seca (10).

La presencia de metales tóxicos, como el plomo, afecta productos agrícolas como zanahorias, papas de todo tipo, maíz, otros cultivos y pastos; aquello se debe a que el suelo está regado por aguas contaminadas que pueden acumular y concentrar metales pesados, creando condiciones desfavorables para las plantas (11).

Muchos investigadores del Valle del Mantaro están interesados en este tema y están trabajando en la creación de nuevas técnicas de remediación de suelos; una de esas tecnologías es la fitorremediación, que es una alternativa a la remediación de suelos que están contaminados con metales pesados.

Se basa en el uso de plantas para extraer, remover, transportar, estabilizar, acumular contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos. El término "fitorremediación" proviene del griego phyto = planta y remediación = mal que necesita reparación (12).

La ortiga (*Urtica urens L.*) es una de las muchas plantas capaces de fitorremediar los contaminantes, ya que prosperan en condiciones de crecimiento adversas. El proceso por el cual las plantas absorben los contaminantes es a través de las raíces, las hojas y las cutículas. Además, se encuentran en la corteza rizoide de las raíces en crecimiento, donde son permeables en respuesta a las condiciones ambientales, como el pH y la temperatura del suelo. El peso molecular y la hidrofobicidad de los contaminantes, que controlan el momento en que las partículas atraviesan el estrato córneo de la epidermis, son otro factor importante que afecta la profundidad de penetración de los contaminantes. Los contaminantes se esparcen por toda la planta después de escapar a través de la membrana (13).

Se pueden agregar enmiendas orgánicas y aditivos al suelo contaminado para aumentar o disminuir la absorción de metales por parte de las plantas. Dependiendo del procedimiento, se puede subir o bajar el pH, aumentando o disminuyendo la disponibilidad de ciertos elementos y compuestos. Otros tratamientos pueden promover la estabilización (o la alimentación) de las plantas, lo que aumentará la biomasa y contribuirá indirectamente al proceso de cosecha (14).

Por lo tanto, es importante proponer enfoques de remediación que ayuden a los productores regionales en su capacidad de beneficiarse de ellos y mantener su viabilidad agrícola, económica y social, teniendo en cuenta la capacidad fitorremediadora de la planta *Urtica urens L.* y habiendo optimizado los procesos de fitoextracción - fitoestabilización de Pb, se

realizó la fitorremediación utilizando *Urtica urens L.* con estiércol vacuno, por su alto contenido en materia orgánica esperando una mayor extracción de plomo en los tratamientos; para ello se formuló el presente estudio de investigación.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la fitorremediación en un suelo contaminado con plomo, utilizando *Urtica urens L.* y estiércol de vacuno en el distrito El Mantaro, Jauja 2021?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la cantidad de plomo absorbido por *Urtica urens L.* en un suelo contaminado con plomo, donde se aplicó diferentes dosis de estiércol de vacuno, en el distrito El Mantaro, Jauja 2021?
- ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con *Urtica urens L.*, con diferentes dosis de estiércol, en la concentración de plomo en el suelo al final del proceso experimental?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la ortiga (*Urtica urens L.*), con aplicación de estiércol vacuno, en la fitorremediación de plomo en suelo agrícola; distrito de El Mantaro, Jauja 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de plomo absorbido por *Urtica urens L.*, en un suelo contaminado con plomo, con diferentes dosis de estiércol de vacuno en el distrito El Mantaro, Jauja 2021.
- Determinar la concentración de Pb en el suelo contaminado con plomo del distrito El Mantaro, después del crecimiento de *Urtica urens L.* con diferentes dosis de estiércol.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social

La contaminación por metales pesados de las tierras agrícolas en la región de El Mantaro es un problema que se ha agravado con el tiempo, afectando a las plantas cultivadas, a la población y a los animales que se alimentan de las plantas cultivadas en el suelo.

1.3.2. Justificación ambiental

El plomo acumulado en el suelo del distrito de El Mantaro será removido mediante investigaciones con una especie conocida como "ortiga", conocida científicamente como *Urtica urens L.* El estiércol de vacuno locales también se utilizará para apoyar el crecimiento y desarrollo de las plantas, para mitigar los efectos adversos a los ecosistemas.

1.3.3. Justificación económica

Dado que *Urtica urens L.* es una planta cultivable y esta especie crece en altitudes que oscilan entre los 2000 y los 3900 msnm, la técnica de fitorremediación con esta planta es económica y sencilla de implementar en suelos contaminados con plomo en el distrito de El Mantaro.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis nula

H₀: El uso de la ortiga (*Urtica urens L.*) junto con estiércol vacuno, no tiene efectos en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo en el distrito de El Mantaro, Jauja 2021.

1.4.2. Hipótesis alterna

H_a: El uso de la ortiga (*Urtica urens L.*) junto con estiércol vacuno, tiene efecto significativo en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo en el distrito de El Mantaro, Jauja 2021.

1.4.3. Hipótesis específicas

- La especie *Urtica urens L.* absorbe cantidades significativas de plomo del suelo contaminado del distrito El Mantaro al que se aplicó diferentes dosis de estiércol de vacuno.
- El suelo contaminado del distrito El Mantaro, disminuye significativamente su concentración de plomo debido a la fitorremediación de *Urtica urens L.* junto con diferentes dosis de estiércol de vacuno.

1.4.4. Descripción de variables

- Variable independiente (VI): estiércol de vacuno.

Definición conceptual: el estiércol vacuno combina los excrementos producidos por el ganado con los purines y, en algunos casos, residuos de la cama y alimento. Los purines y el estiércol sólido se esparcen tradicional y directamente sobre la tierra como abonos (15).

Indicador: dosis de estiércol de vacuno.

Tabla 1. *Dosificación de EV.*

Porcentaje EV	Equivalente de EV (gramos)
0 %	0 g
5 %	250 g
10 %	500 g
15 %	750 g
20 %	1000 g

Fuente: elaboración propia.

- Variable dependiente (VD):

a) VD1: fitorremediación con *Urtica urens L.*

Definición conceptual: la fitorremediación es la captación/absorción y la translocación de contaminantes (Pb) por las raíces de las plantas a las porciones por encima del suelo (brotes) que pueden cosecharse y quemarse para obtener energía y reciclar el metal de las cenizas (16).

Indicadores:

- Cantidad de Pb absorbido por *Urtica urens L.* mg Pb/kg materia seca.
- Factor de bioconcentración (FBC).

b) VD2: Pb en el suelo.

Definición conceptual: metal pesado, que, en el ambiente, su forma elemental y compuestos tienden a acumularse en los suelos y sedimentos y pueden permanecer biodisponibles por largos periodos de tiempo (17).

Indicador: concentración de Pb en el suelo (mg Pb/kg suelo).

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente (X1): estiércol de vacuno.	El estiércol vacuno combina los excrementos producidos por el ganado con los purines y, en algunos casos, residuos de la cama y alimento. Los purines y el estiércol sólido se esparcen tradicional y directamente sobre la tierra como abonos (15).	Dosis de estiércol de vacuno	*0 % (0 g de EV) *5 % (250 g de EV) *10 % (500 g de EV) *15 % (750 g de EV) *20 % (1000 g de EV)
Dependiente (Y1): fitorremediación de Pb.	La fitorremediación es la captación/absorción y la translocación de contaminantes (Pb) por las raíces de las plantas a las porciones por encima del suelo (brotes) que pueden cosecharse y quemarse para obtener energía y reciclar el metal de las cenizas (16).	Contenido de Pb en <i>Urtica urens L.</i>	*mg Pb/kg materia seca *Factor de bioconcentración (FBC)
Dependiente (Y2): Pb en el suelo.	Metal pesado, que, en el ambiente, su forma elemental y compuestos tienden a acumularse en los suelos y sedimentos y pueden permanecer biodisponibles por largos periodos de tiempo (17).	Concentración de Pb en el suelo	mg Pb/kg suelo

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el trabajo de investigación titulada: "*Heavy Metals in soils and plants from various metal-contaminated sites in Egypt*", se tuvo por objetivo investigar plantas que prosperan en suelos con alto contenido de metales de Egipto. En cuanto a la metodología, se examinaron ocho lugares en el delta del Nilo, ubicados en el sureste y noroeste de Egipto, de donde se recolectaron muestras de suelo y 61 especies de plantas de estos sitios y se analizaron para Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn. En cuanto a los resultados, se observó en *Urtica urens L.* mayor concentración de Cu (174 mg/kg). Asimismo, la concentración de Pb en las discordias de *Conyza* (508 mg/kg) fue 11 veces mayor que la concentración de Pb total en el suelo. Se concluye que en el estudio no se encontró ningún acumulador de hiperacumulación "verdadero" en Egipto, lo que se anticipó dado que la mayoría de los suelos con alto contenido de metales donde se recolectaron plantas estaban enriquecidas antropogénicamente (18).

En el trabajo de investigación titulado: "*Impact of cow dung manure on the solubility of Copper, Lead, and Zinc in urban garden soils from Northern Nigeria*", se tuvo como objetivo determinar el efecto del estiércol de vacuno sobre plomo, cobre y zinc móvil, intercambiable y lábil en suelos urbanos

del noreste de Nigeria. Metodológicamente, se obtuvieron muestras de suelo a 20 cm de profundidad en 4 localidades: Kakau, Kakuri, Trikanya, y Romi en la metrópolis de Kaduna, y se sometió a incubación a 60°C durante dos semanas con una dosis de 10 % de estiércol de vacuno. En forma de resultado, se observó que el estiércol de vacuno incrementó el Cu y Pb móvil en todos los lugares y disminuyó Zn, Pb y Cu potencialmente lábil en todos los lugares, excepto en Romi. Se concluyó que para mantener la calidad del suelo y minimizar la contaminación de la capa freática y canales alimenticios es posible usar estiércol de vacuno, ello en suelos urbanos hortícolas contaminados con estos metales pesados, que podría ser regulado o totalmente desfavorable para reducir la movilidad de estos metales (19).

En el Perú, no se cuenta con una norma que regule el contenido de plomo en el suelo; por ello se tomó en cuenta la Norma Técnica Chilena (NCh2880) (20); sin embargo, este tipo de estiércol es muy usado en la agricultura del distrito de El Mantaro.

Tabla 3. *Concentración máxima de metal pesado en el estiércol de vacuno.*

Parámetro	NCh2880 (mg/kg)
Plomo total	100

Fuente: NCh2880 (20).

En el trabajo de investigación titulado: “*Immobilization potential of cow manure for heavy metal remediation from refuse dump soil*”, se tuvo como objetivo estudiar el efecto de la enmienda con estiércol de vacuno en el fraccionamiento y disponibilidad de algunos metales pesados (Cd, Cu, Cr, Mn, Pb y Zn) en suelos de rellenos sanitarios. Como metodología, se condujo un experimento bajo invernadero para determinar la absorción de metales por *Ricinus communis* en suelos de rellenos sanitarios tratados con 0 %, 5 %, 10 % y 20 % de estiércol de vacuno, en la Universidad de Awka, Nigeria. Se utilizó un sustrato de 2 kg de peso con tres repeticiones por tratamiento. Las evaluaciones se realizaron después de 12 semanas de sembradas las semillas, mediante extracción secuencial para metales

pesados, utilizando espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados mostraron que el estiércol vacuno redujo la absorción de metales pesados por parte de las plantas en los suelos de los vertederos y que la absorción de metales generalmente disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de impurezas orgánicas. Por lo tanto, se concluye que el estiércol de vaca como agente fijador puede limpiar bien el suelo contaminado con Cd, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn (21).

En el trabajo de investigación titulado: "Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant", se tuvo como objetivo evaluar la habilidad del girasol para remediar suelos contaminados con metales y su efecto sobre la biomasa total de girasol. Como metodología, se utilizó soluciones estándar de Cd y Pb de alta pureza analítica, en concentraciones de 0, 10, 20, 40, 80, 100 y 200 mg/kg. El suelo para el experimento fue colectado del campo Burnley de la Universidad de Australia. Tres veces, las semillas de girasol se sembraron en macetas de plástico y se cultivaron durante ocho semanas cada vez. El diseño del ensayo fue completamente al azar. Los resultados mostraron que los tallos y raíces de *H. annuus* tienen la capacidad de almacenar plomo y cadmio. El factor de bioconcentración Pb no superó para ninguno de los tratamientos. El factor transferible destaca la capacidad de esta especie para acumular más cadmio que plomo. Se concluye que es esencial investigar el crecimiento de *H. annuus* para aumentar la eficiencia de eliminación, se utiliza *H. annuus* en suelos contaminados junto con estimulantes del crecimiento (22).

En el artículo de investigación titulado: "*Phytoaccumulation of heavy metals in native plants growing on soils in the Spreca river valley, Bosnia and Herzegovina*", se tuvo como objetivo identificar plantas nativas que prosperan en suelos contaminados con metales pesados en la rivera costera del río Spreca y evaluar su potencial de fitoextracción. Como metodología, se obtuvo muestras compuestas de suelo a una profundidad de 30 cm en tres lugares previamente seleccionados, y se determinó las características físico químicas en el laboratorio, así como los metales pesados: Cr, Cd, Pb, Zn, Cu y Ni. Dentro de los resultados, el promedio de Pb en el suelo fue de 15 mg/kg (no contaminado) y solo estuvieron

contaminados con Cr y Ni. De las 67 plantas evaluadas, *Achillea millefolium* y *Urtica urens* L. tuvieron mayor densidad de plantas en el campo (> 50 plantas/m²) y fueron seleccionadas para posteriores investigaciones en remoción de metales pesados. Se concluye que se obtuvo valores bajos del factor de bioconcentración en las plantas para todos los metales pesados analizados, que se considera está relacionado a las propiedades químicas de los suelos estudiados y que no tuvieron mayor disponibilidad para las plantas (23).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el trabajo de investigación titulado: “Eficacia de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Provincia Constitucional del Callao, 2018”, se tuvo como objetivo describir las características morfológicas y de extracción de plomo de la ortiga después de la fitorremediación de suelos contaminados. Metodología. Se utilizó cinco plantas de ortiga de dos meses de crecimiento trasplantadas en cinco muestras de suelo urbano de la provincia del Callao, Lima. Sus resultados, muestran que después de dos meses de crecimiento se analizó el contenido de plomo en la planta donde indicaron una acumulación en raíces y hojas, de 237.83 mg Pb/kg materia seca, logrando una eficiencia de 17 %. Su crecimiento incrementó en 2 cm en promedio (24).

En el trabajo de investigación titulado: “Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018”. Su objetivo fue calcular el impacto de cinco dosis de EDTA en los niveles de plomo, los factores de bioacumulación y la translocación de la ortiga. Como metodología, se realizaron experimentos donde se utilizaron cinco dosis de EDTA: 0, 0 punto 5, 0, 0, 10, 15, 20 y 0, punto 25, g de EDTA/kg de suelo con tres repeticiones, los tratamientos se establecieron de forma totalmente aleatoria. En condiciones cuidadosamente controladas, se cultivaron semillas de *Urtica urens* durante 60 días en 18 macetas. En resultados, la concentración de Pb fue mayor en las raíces de *Urtica urens* (259.287 mg Pb/kg) en comparación

con las partes aéreas (151.617 mg Pb/kg), demostrando el efecto benéfico del EDTA en la absorción de Pb. A la dosis T5 (0.20 g EDTA/kg), el factor de translocación (FT) alcanzó su valor máximo de 0.81, indicando potenciales propiedades fitoestabilizadoras. Se concluye que hay un bajo transporte de Pb desde las raíces a los brotes, los factores de bioacumulación (BF) fueron bajos, oscilando entre 0.097 y 0.222 (25).

En el trabajo de investigación titulado: “Descontaminación de suelos con plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* fertilizada con gallinaza en el Callao”, se tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando ortiga y equinácea. Como metodología, para este experimento se propusieron seis tratamientos, cada uno con dosis de gallinaza del 5 %, 10 % y 20 % en ambas plantas. Los tratamientos se realizaron en envases de 4 kg con 3 repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron que el tratamiento con estiércol de pollo al 20 % tuvo un mejor efecto de reducción de plomo en el suelo de *Echinacea*, alcanzando un promedio de 61.73 %; con ortigas tratadas de manera similar, la cantidad de plomo en el suelo disminuyó en un 39.45 %. Se concluyó que *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* son fitorremediadoras pero la mayor concentración de plomo se logró obtener en las plantas de *Fuertesimalva echinata* fertilizada con gallinaza al 20 % al cabo de 42 días de instalado el experimento (12).

En el trabajo de investigación titulado: “Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017”, donde el objetivo fue conocer la concentración de plomo en la biomasa y los cambios morfológicos de *Urtica urens*. Como metodología, el experimento se inició con la instalación de cuatro almácigos de ortiga, y después de 20 días se trasplantó en el suelo contenido en maceteros de 5 kg de capacidad, que contenían 20 % de estiércol de lombriz, el contenido de plomo inicial en el suelo fue de 424.84 mg/kg. El experimento se condujo durante 4 meses. Al finalizar el experimento se obtuvo como resultados que la concentración de plomo en el suelo, disminuyó a 324.55 mg/kg de suelo. Se concluye que a mayor edad de la ortiga es mayor la capacidad de almacenar el plomo en su biomasa (26).

En el trabajo de tesis titulado: “Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco-2018”, se tuvo como objetivo analizar la cantidad inicial de metales pesados en el suelo, así como aplicar estiércol de cuy para mejorar la absorción de Pb por *Urtica urens*. Como metodología, se realizó un experimento que fue evaluado durante 45 días, que tuvo 4 tratamientos constituidos por el suelo obtenido mediante una muestra compuesta donde se realiza actividades de minera, a los cuales se adicionó 25 %, 33 %, y 42 % de estiércol de cuy, con 1, 2 y 3 plantas, respectivamente, además de un tratamiento control. Como resultado, se obtuvo que el suelo tuvo una concentración inicial de 100 ppm de Pb, 700 ppm de Zn y 18200 ppm de Fe y en el tratamiento con estiércol al 20 % y 3 plantas de *Urtica urens* mostró una absorción del 60 % de Pb del suelo. Se concluye que la materia orgánica favorece el crecimiento de *Urtica urens* y ayuda a la fitorremediación (27).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La contaminación por plomo

2.2.1.1. El plomo en la naturaleza

Se considera que el Pb es el primer metal extraído por el hombre a partir de sus minerales y fue extensivamente usado a través de la antigüedad para una gran variedad de objetos, se evidencia en la gran cantidad de Pb analizado en el suelo, proveniente de las actividades humanas (17).

Considerando que el Pb y sus compuestos son muy tóxicos para los humanos, demostrando que no hay evidencias de intentos para prevenir la exposición de los organismos a este metal pesado durante la producción y uso de artículos basados en Pb, es evidente que un gran número de personas puede haber experimentado una aguda o crónica intoxicación por plomo en

los suelos agrícolas. En tiempos modernos el uso primario de Pb ha sido en la producción de compuestos de Pb alcalinos para agentes antidetonantes en gasolina, como pigmentos en pinturas y en baterías de automóviles (28).

El catión Pb^{+2} reemplaza al K^+ en los silicatos laminares o al Ca^{+2} en los carbonatos por substitución isomorfa. En las rocas el Pb tiende a incrementarse con el contenido de Si. El Pb también tiene una fuerte afinidad por el S. Entre las rocas sedimentarias comunes las pizarras tienen alto contenido de Pb (22 mg/kg) comparadas a las areniscas (10 mg/kg). Las pizarras negras son ricas en materia orgánica y sulfuros, además contienen altos valores de Pb. El principal mineral de Pb es la galena (PbS) (29).

El Pb no es esencial para los organismos vivos. Su toxicidad ha conducido a una disminución significativa en la aplicación del metal en los años recientes. En el ambiente este metal se acumula en los suelos y sedimentos, donde puede permanecer disponible por un largo periodo de tiempo (30).

2.2.1.2. El Pb en el suelo

El suelo no contaminado normalmente contiene 17 mg/kg de plomo (Pb) (17). Otros estudios han reportado altos niveles de Pb en los suelos (28).

El plomo se libera fácilmente en los procesos de alta temperatura, como las fundiciones de minerales de plomo, la quema de carbón y el uso de gasolina con plomo en los automóviles es frecuente. Como resultado, el metal se ha acumulado en los materiales de la superficie desde el comienzo de la era industrial, lo que a menudo conduce a una grave contaminación de la superficie con este metal. El plomo (Pb) está más disponible para el transporte atmosférico de largo alcance cuando las emisiones de fuentes de alta temperatura se concentran en fracciones de partículas más pequeñas (31).

Estudios en diferentes países han confirmado niveles sustancialmente altos de plomo en la superficie de los suelos, comparado a los horizontes subsuperficiales (32). La extensión de la contaminación de Pb en la superficie de los suelos ha sido demostrada en varios países del mundo por diferentes relaciones de isótopos de Pb estable en rocas sedimentarias (33). En suelos forestales boreales se ha caracterizado la extensión de la contaminación por Pb (34).

El plomo cuando se oxida se presenta en el suelo como PbO_2 , pero se vuelve menos soluble cuando aumenta el pH del suelo debido a la formación de complejos con materia orgánica y la adsorción a óxidos minerales o arcillosos. Precipita como silicatos o carbonatos, fosfatos y sulfatos. Los precipitados que contienen sulfuro aparecen como PbS insoluble porque se producen por reducción de sulfato en condiciones anaeróbicas del suelo (35).

El comportamiento químico del Pb en el suelo depende fuertemente del contenido de materia orgánica ya que adsorbe fuertemente el humus a $pH \geq 4$. La unión del plomo a los radicales de ácido húmico ocurre principalmente en forma de complejos no identificados. Solo se detectaron diferencias menores en las proporciones de tamaño de partículas, lo que sugiere que la unión de Pb a sustancias húmicas no se ve afectada por diferencias en su composición química (36).

Cuando los suelos son bajos en materia orgánica, el Pb se adsorbe principalmente en minerales arcillosos y óxidos de hierro, mucho más fuertemente que Cu, Zn, Cd o Ni (37). Se ha encontrado que la adsorción de Pb en suelos agrícolas está correlacionada con el pH, CIC, contenido de materia orgánica, arcilla y $CaCO_3$ (38).

2.2.2. La fitorremediación

La técnica de usar plantas para limpiar y restaurar sitios contaminados se llama fitorremediación, también conocida esta técnica es conocida como, remediación verde o remediación agrícola. Aunque la idea de usar plantas acumuladoras de metales para limpiar sitios contaminados con metales y metaloides se propuso por primera vez en 1983, la práctica de usar plantas para limpiar suelos existe desde hace casi 30 años. La fitorremediación se considera una técnica atractiva, estética, no invasiva, energéticamente eficiente y asequible para limpiar áreas contaminadas por metales pesados (39).

Como etapas finales de la restauración, la fitorremediación se puede combinar con éxito con otros métodos tradicionales. La eficacia está influenciada por varios factores del suelo, de la planta, que es incluida en la composición fisicoquímica del suelo, la biodisponibilidad de metales pesados del suelo, los exudados microbianos y de plantas, a su vez la capacidad de los organismos vivos para absorber, acumular, unir, transferir y desintoxicar. El término "fitorremediación" abarca una variedad de métodos y aplicaciones que difieren con otras técnicas de remediación, que eliminan, inmovilizan o degradan los metales. En general, la fitorremediación se puede dividir en tres tipos según los diferentes mecanismos de absorción: fitoestabilización, fitoevaporación y fitoextracción (40).

La fitorremediación se ha sugerido como un enfoque biotecnológico de bajo costo y sostenible para ayudar a la rehabilitación de suelos contaminados con metales pesados sin efectos destructivos sobre las propiedades del suelo (41).

Es importante el uso de plantas nativas para la fitorremediación debido a que estas plantas son frecuentemente mejores en términos de supervivencia, crecimiento y reproducción bajo condiciones ambientales limitantes, comparado a plantas introducidas de otros ambientes. Hay un interés continuo en investigar plantas nativas que son tolerantes a metales pesados; sin embargo, los estudios realizados han evaluado la fitorremediación con un alto potencial en el uso de las plantas nativas en condiciones de campo (42).

El contenido de biomasa y las concentraciones de metales pesados en la parte atmosférica de los árboles juegan un papel importante en la remediación de la contaminación vegetal. El suelo contaminado con plomo es particularmente difícil de remediar utilizando únicamente plantas debido a la concentración del metal, que se encuentra principalmente en las capas superiores del suelo y está presente en pequeñas cantidades en las soluciones del suelo (43).

La baja biomasa y el crecimiento lento son características de las plantas que hiperacumulan o acumulan plomo, a diferencia de las plantas que no lo hacen, que tienen una alta biomasa y rendimiento, pero no tienen la misma capacidad natural para acumular concentraciones inusualmente altas de este metal pesado. Entonces, para promover la acumulación de metales en las plantas y aumentar la efectividad de la fitorremediación, se necesitan otras técnicas (44).

La fitorremediación se basa en hacer que los metales sean menos biodisponibles (fitoestabilización) o limpiar suelos contaminados con metales (fitoextracción). La fitoestabilización tiene éxitos demostrables en suelos utilizados por la minería. Por otro lado, la fitoextracción tiene aún pocos ejemplos de aplicaciones exitosas. Ya sea mediante el uso de plantas hiperacumuladoras o plantas de alta biomasa inducidas a acumular metales a través de la adición de quelantes al suelo, los principales cuellos de botella de la fitoextracción permanecen, principalmente debido al tiempo prolongado para la remediación y la falta de ingresos mientras dure el proceso. Debido a esto, se propone el fitomanejo para brindar beneficios económicos, ambientales y sociales hasta que el sitio contaminado vuelva a tener un uso productivo (45).

Incluso en bajas concentraciones, los compuestos iónicos del suelo son absorbidos por la planta a través del sistema radicular. Extienden su sistema de raíces hacia el suelo y se asientan en el ecosistema de la rizosfera para recolectar metales pesados, controlar la biodisponibilidad, remediar el suelo contaminado y estabilizar la fertilidad del suelo (46).

Las ventajas de utilizar la fitorremediación incluyen: (i) la planta de tratamiento es un sistema autotrófico fotovoltaico, por lo que es

económicamente factible, fácil de gestionar y tiene bajos costes de instalación y mantenimiento, (ii) se puede reducir la exposición a contaminantes en el medio ambiente y los ecosistemas, (iii) se puede utilizar ampliamente en el campo y es fácil de desechar y procesar, (iv) puede aumentar la fertilidad del suelo liberando sustancias orgánicas, (v) Estabiliza los metales para evitar la erosión y la lixiviación, reduciendo el riesgo de dispersión (47).

2.2.3. La fitoestabilización

Las especies de plantas tolerantes a los metales, se utilizan en la estabilización de plantas, para fijar los metales del suelo y reducir su biodisponibilidad, evitar su migración en los ecosistemas y reducir su probabilidad de ingresar a la cadena alimentaria (48).

Los tejidos de la raíz también pueden absorber y almacenar metales, o pueden adherir metales a las paredes celulares (49).

En lugares donde el suelo está contaminado con metales pesados, el crecimiento de las plantas ayuda a mantener el suelo saludable. La vegetación madura estabiliza los metales pesados en el suelo y reduce su liberación al nivel de las aguas subterráneas. También evita el transporte por el viento de metales pesados en las partículas del suelo (50). La ventaja de la fitoestabilización sobre la fitoextracción es que no se requiere la eliminación de la biomasa dañina (51).

Elegir la especie de planta adecuada es muy importante para estabilizar la planta. Para estabilizar las plantas de manera efectiva, las plantas deben tolerar la presencia de metales pesados. Las plantas deben tener sistemas de raíces fuertes porque son esenciales para inmovilizar metales pesados, estabilizar la estructura del suelo y reducir la erosión del suelo. Para crear una cubierta vegetal en un área determinada, las plantas deben poder producir grandes cantidades de biomasa y crecer rápidamente (48).

Se pueden agregar enmiendas orgánicas e inorgánicas a los suelos contaminados para aumentar la efectividad de la fitoestabilización. Al

alterar el pH y el estado redox del suelo, estos compuestos agregados pueden cambiar la especiación del metal, disminuyendo la solubilidad y la disponibilidad de metales pesados (52).

Los procesos de fitoestabilización más significativos incluyen: (i) absorción y secuestro de contaminantes en el sistema radicular, (ii) alteración de factores del suelo (pH, materia orgánica, niveles redox) que influyen en la especiación e inmovilización de contaminantes, (iii) generación de exudados radiculares que regulan la precipitación e inmovilización de contaminantes, y (iv) establecimiento de barreras vegetales que disminuyan la probabilidad de contacto físico entre animales y humanos, (v) estabilización mecánica del lugar para minimizar la erosión por el viento y el agua, (vi) favorece la evapotranspiración, por lo tanto, reduce la lixiviación de contaminantes (53).

Los microorganismos que viven en la rizosfera, tales como bacterias y micorrizas, pueden intervenir a la fitoestabilización. Estos microorganismos pueden mejorar la eficiencia de la inmovilización a través de la adsorción de metales pesados sobre sus paredes celulares, produciendo quelantes y promoviendo procesos de precipitación (54).

Cuando se trata de replantar suelo contaminado, los resultados finales de las técnicas de estabilización de plantas dependen del suelo, los contaminantes y los factores ambientales. La eficacia de esta técnica depende de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que regulan el crecimiento de las plantas. Además, la dinámica metálica y no metálica está controlada por las propiedades del suelo que influyen en la capacidad del suelo para estabilizar estos materiales (53).

Para las posibles aplicaciones de esta tecnología, son importantes la densidad, la morfología y la profundidad a la que las raíces de las plantas penetran en el suelo. Por lo tanto, las aplicaciones de estabilización de plantas deben promover la biomasa y la morfología de las raíces. Debido a su gran superficie, las plantas densas y de raíces profundas pueden utilizar más suelo contaminado, lo que ayuda a estabilizar el suelo y facilita la evaporación de los metales microbianos de la zona de las raíces (53).

Las respuestas de los contaminantes afectan la biodisponibilidad y la movilidad, afectando la estabilidad de la planta. Los procesos de adsorción, complejación, precipitación y reducción controlan la lixiviación, el drenaje y la biodisponibilidad de los metales pesados a medida que ingresan al suelo. La adsorción y la formación de complejos por aglutinantes orgánicos e inorgánicos son dos procesos químicos que ayudan a los coloides en el suelo a retener los metales en su composición (53).

La precipitación y la temperatura afectan el crecimiento de las plantas, la respuesta a los contaminantes y la erosión del suelo, todo lo cual afecta la estabilización de las plantas. La precipitación contribuye a la formación de vegetación, ya que la mayoría de los suelos contaminados no tienen fácil acceso a un suministro constante de agua a través del riego. La lixiviación de la contaminación y la erosión del suelo están reguladas por las precipitaciones. El crecimiento de las plantas y las características de la superficie del suelo, como la corteza y las fisuras, se ven afectados por la temperatura. A medida que las grietas se ensanchan, los contaminantes pueden filtrarse fácilmente a través del suelo, lo que hace que el suelo sea vulnerable a la erosión eólica y a condiciones secas, porosas y estériles (53).

2.2.4. La fitoextracción

Las plantas se utilizan en un proceso conocido como fitoextracción mediante la absorción de contaminantes del suelo y su almacenamiento en biomasa aérea (47). En los últimos años, el método más importante para recuperar metales pesados y no metales de suelos contaminados es la extracción vegetal (55).

La fitoextracción es un método a largo plazo para eliminar metales pesados del suelo contaminado, a diferencia de los estabilizadores de plantas, que solo contienen metales pesados temporalmente en las plantas y los dejan en el suelo (56).

Cinco pasos componen el proceso de fitoextracción de metales pesados: (i) movilización de metales pesados en la rizósfera; (ii) absorción de

metales pesados por las raíces de las plantas; y (iii) translocación de iones de metales pesados de las raíces a las plantas. la compartimentación y el secuestro de iones de metales pesados en tejidos vegetales y las partes aéreas de las plantas (iv) (57). Las siguientes variables afectan la eficacia de la fitoextracción: (a) selección de plantas; (b) rendimiento de la planta; (c) disponibilidad de metales pesados; (d) suelo; y (e) características de la rizosfera (58).

Para que la fitoextracción tenga éxito, se deben elegir las especies de plantas adecuadas. Las siguientes características deben estar presentes en las plantas fitoextractivas: (a) alta tolerancia a los efectos tóxicos de los metales pesados, (b) alta capacidad de extracción con acumulación de altos niveles de metales pesados en la parte aérea, (iii) rápido crecimiento con alta biomasa producción, (iv) abundantes ramas y extenso sistema de raíces, (v) buena adaptación a los ambientes predominantes, capacidad de crecer en suelos pobres, siendo fácil de cultivar y cosechar, (vi) alta resistencia a patógenos y organismos nocivos (58).

La concentración del metal en las partes vegetativas y la biomasa de la planta sirven como los dos principales determinantes de la fitoextracción potencial de una especie vegetal (53). Para la fitoextracción de metales pesados se han probado dos estrategias diferentes: (i) el uso de plantas hiperacumuladoras, que generan relativamente menos biomasa, pero acumulan grandes cantidades de metales pesados, y (ii) el uso de plantas que acumulan menos biomasa. *Brassica juncea*, que produce más biomasa y acumula metales pesados a un nivel comparable al de las plantas hiperacumuladoras (59).

Para la fitorremediación, el proceso de acumulación e hipertolerancia es más importante que la biomasa superior. Para la recuperación y eliminación segura de metales, el uso de instalaciones de hiperacumuladores da como resultado mayores concentraciones de metales y una producción de biomasa menos asequible pero más manejable. Por el contrario, el uso de vegetación que no se acumula da como resultado concentraciones más bajas de metales y menos biomasa. Este es un proceso antieconómico de recuperación y remoción de metales (57).

Un factor importante que influye en la eficacia de la extracción de metales pesados de las plantas es la biodisponibilidad del mineral en el suelo. Para contaminantes como el plomo, la baja disponibilidad es un factor importante en la extracción de vegetación. Normalmente, solo una pequeña fracción de los minerales en el suelo están biodisponibles para la extracción de plantas (60).

Una porción considerable de los metales pesados se vuelve insolubles y, por lo tanto, no están disponibles para la absorción de las plantas debido a la fuerte unión de los metales pesados a las partículas del suelo o la precipitación (61). En cuanto a la biodisponibilidad de metales y metaloides pesados en el suelo, se reportan tres categorías: (i) fácilmente biodisponibles (Cd, Ni, Zn, As, Se, Cu), (ii) moderadamente biodisponibles (Co, Mn, Fe), y (iii) menos disponible (Pb, Cr, U) (62).

Para solubilizar los metales pesados en el suelo, las plantas han desarrollado mecanismos específicos. Estas sustancias, conocidas como sideróforos (moléculas de bajo peso con gran afinidad con el hierro), son secretadas por las raíces de las plantas y ayudan a mover los metales en la rizosfera (63). Los iones H pueden desplazar a los cationes de metales pesados que se han unido a las partículas del suelo (64). En ese volumen de suelo, los exudados de las raíces pueden reducir el pH en una o más unidades en la rizosfera. Un pH bajo favorece la desorción de metales pesados, lo que eleva su concentración en solución (65). Además, la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo puede verse significativamente aumentada por los microorganismos rizosféricos, principalmente las bacterias micorrízicas y los hongos (62).

2.2.5. Indicadores de distribución de metales en la planta

El factor de bioconcentración (BCF) y el factor de translocación (FT), que se enumeran a continuación, se pueden usar para estimar qué tan bien las plantas pueden absorber y mover metales potencialmente tóxicos del suelo (66):

$$FBC = \frac{Cp}{Cs}$$

Donde:

*Cp = concentración de metales en la planta (mg/kg de materia seca).

*Cs = concentración de metales en el suelo (mg/kg de suelo).

$$FT = \frac{Ca}{Cr}$$

Donde:

*Ca = concentración de metales en la parte aérea (mg/kg de materia seca).

*Cr = concentración de metales en la raíz (mg/kg de materia seca).

El factor de bioconcentración indica la eficiencia de la especie de planta en acumular un metal dentro de sus tejidos, desde el suelo circundante (67).

El factor de translocación indica la eficiencia de la planta en translocar el metal acumulado en las raíces hacia los tallos (68).

El factor de bioconcentración o factor de acumulación (A) también puede ser representado en porcentaje según la siguiente ecuación (69):

$$\text{Factor de Acumulación (A)} = \frac{Ctp}{Cs} \times 100$$

Donde:

*Ctp = es la concentración del metal en el tejido de la planta.

*Cs = es la concentración del metal en el suelo.

Similarmente, el factor de translocación también puede ser representado en porcentaje según la siguiente ecuación (70):

$$\text{Factor de Acumulación (A)} = \frac{Cpa}{Cr} \times 100$$

Donde:

*Cpa: concentración del metal en la parte aérea.

*Cr: concentración del metal en la raíz.

2.2.6. Enmiendas orgánicas

Las condiciones fisicoquímicas y biológicas se mejoran al agregar enmiendas orgánicas al suelo, lo que a su vez promueve el crecimiento de las plantas. Algunas de estas enmiendas tienen el potencial de cambiar la disponibilidad y distribución de metales además metaloides en el suelo, ya sea directa o indirectamente (71).

La adición de materia orgánica al suelo mejora las condiciones físico-químicas y biológicas, favoreciendo así el crecimiento de las plantas. Algunos de estos cambios pueden alterar directa o indirectamente la disponibilidad y distribución de metales también los no metales en los suelos (72).

El uso de residuos orgánicos ha sido una práctica por varias décadas como una enmienda del suelo benéfica para la agricultura (73). Los más comunes residuos orgánicos utilizados incluyen el estiércol de animales, biosólidos, compost de residuos sólidos municipales, residuos de cultivo, harina de sangre y huesos, algas marinas y sustancias húmicas (74). El estiércol de animales, derivado del ganado porcino, aves, ovino y vacuno, es considerado como la principal fuente de enmiendas orgánicas (75).

Los residuos orgánicos introducidos en el suelo actúan como modificadores y son importantes para la biodisponibilidad de los elementos traza en el suelo (76). Los metales pesados pueden inmovilizarse en el suelo y reducir su absorción por las plantas agregando materia orgánica a los suelos contaminados con metales pesados. Los modificadores orgánicos reducen la biodisponibilidad de los metales mediante la adsorción de grandes cantidades de compuestos orgánicos húmicos o la formación de complejos estables con sustancias húmicas (77).

Además, la materia orgánica disuelta interactúa con los metales tóxicos del suelo formando complejos orgánicos solubles, lo cual puede incrementar su disponibilidad (78). Las enmiendas orgánicas tienen alta proporción de ácidos fúlvicos y cuando se agregan grandes cantidades incrementan la movilidad de metales al formar complejos solubles órgano-metálicos (79), favoreciendo su absorción por las plantas (80) y lixiviación. (81).

La dosis de aplicación de enmiendas orgánicas es también un factor importante al contenido de metales tóxicos al suelo. Es necesaria la

información científica sobre las enmiendas orgánicas, porque estas pueden incrementar las concentraciones de metales tóxicos en un suelo contaminado. Las enmiendas orgánicas pueden resultar en sobredosis de elementos esenciales, a su vez no esenciales y contaminantes secundarios. Es necesario evaluar cuidadosamente las enmiendas antes de su aplicación. El suelo a ser remediado y las enmiendas orgánicas deben ser analizadas en todos sus parámetros fisicoquímicos, incluyendo macro y micronutrientes para evitar sobre aplicación y contaminación secundaria del suelo (79).

Diferentes enmiendas son utilizadas para movilizar o inmovilizar metales pesados en el suelo. El principio básico que comprende la técnica de movilización es la liberación de metales dentro de la solución suelo, la cual es subsecuentemente removida utilizando plantas superiores. La movilización de contaminantes puede ser alcanzada a través de las reacciones de solubilización, desorción, quelación y complejación, que resultan en la redistribución de contaminantes de la fase sólida a la fase solución, por lo tanto, incrementan su solubilidad (82).

2.2.7. La ortiga (*Urtica urens* L.)

La “ortiga”, de nombre científico *Urtica urens* L., pertenece al orden Rosales y la familia *Urticaceae*, es una hierba erecta de 15-50 cm de altura. Tiene tallos acanalados, en poco número en una planta. Tiene pelos urticantes. Prospera en zonas andinas entre los 2000 a 4000 msnm (83).

La característica más conocida de la planta es la presencia de cerdas que, al tocarlas o frotarlas, producen un líquido cáustico (acetilcolina) que provoca un intenso picor en la piel. El nombre del género *Urtica* proviene de las palabras latinas “rere” que significa “quemar” e “irritar” y “urens” que significa “picar” (84).

En la investigación experimental denominado “Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados”, el cual tuvo como objetivo determinar la capacidad de acumulación de plomo en sus tejidos de la planta de *Urtica urens* L, se

muestran los resultados obtenidos en el experimento pasado dos meses del desarrollo de la planta en el suelo contaminado; donde se evidencia la acumulación de 109.46 mg/kg de plomo en *Urtica urens L*, tanto en hojas como en raíces. En sus raíces acumuló 25.06 mg/kg y en sus hojas fue de 84.34 mg/kg disminuyendo el plomo inicial presente en el suelo (85).

2.3. Definición de términos

- Absorción: movimiento de iones y compuestos metálicos en el espacio sólido del suelo y las raíces de las plantas (17).
- Ácido fúlvico: una sustancia húmica amarilla a pardo amarillenta que es soluble en agua en condiciones de pH alto (86).
- Adsorción: el intercambio de iones, la adsorción específica, la precipitación y la complejación orgánica son todos mecanismos que ayudan al suelo a retener iones en superficies sólidas (86).
- Bioacumulación: es el término utilizado para describir la concentración que se produce después de la ingestión, dispersión o eliminación de un contaminante a través de todas las rutas de contacto posibles, incluidos el aire, el agua, el suelo, los sedimentos y los alimentos (86).
- Biodisponibilidad: la caracterización de las sustancias tóxicas significa que se absorben fácilmente en el organismo mediante procesos o mecanismos como la inhalación, la ingestión o la absorción, y que pueden verse influidas por otros factores, como la vía de exposición, la fisiología del receptor y la naturaleza química (86).
- Contaminación: distribución de productos químicos o mezclas de productos químicos en entornos hostiles (aire, agua, suelo) que pueden afectar negativamente al medio ambiente o la salud humana (86).
- Estándar de Calidad Ambiental: es una medida que determina la cantidad de un elemento, sustancia o parámetro físico, químico o biológico presente en el aire, el agua o el suelo, y que no representa un riesgo grave para el medio ambiente ni para el ser humano. salud. Una concentración o nivel se puede expresar como máximo, mínimo o rango, según el parámetro específico al que se refiera (86).

- Fitorremediación: el tratamiento de problemas ambientales través del uso de plantas que mitigan el problema ambiental y hacen innecesario la excavación del material contaminante y su disposición (86).
- Flushing: es un tratamiento in situ que consiste en anegar los suelos contaminados con una solución que transporte los contaminantes a una zona determinada y localizada donde puedan ser eliminados. Así, los contaminantes son extraídos del suelo haciéndole pasar agua u otras soluciones acuosas mediante un sistema de inyección o infiltración. El agua subterránea y los fluidos extractantes se capturan y bombean a la superficie utilizando pozos de extracción, donde son tratados y, en ocasiones, reciclados (87; 88).
- Remediación: una tarea o conjunto de tareas realizadas en un sitio contaminado para eliminar o reducir los contaminantes para garantizar el mantenimiento de la integridad del ecosistema y la salud humana (86).
- Suelo agrícola: la tierra se utiliza para cultivos, forrajes y pastos domesticados. El suelo también puede apoyar el desarrollo del ganado y el crecimiento de los cultivos. Esto incluye tierras zonificadas para la agricultura para proteger los hábitats de las aves migratorias y las especies reasentadas, así como la flora y la fauna locales, como las áreas naturales protegidas (86).
- Suelo contaminado: suelo cuya composición química se ve afectada adversamente por la presencia de contaminantes provenientes de la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM (86).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

3.1.1.1. Método general

El método general de investigación fue hipotético - deductivo. Este método implica obtener conclusiones basadas en afirmaciones (hipotéticas) y tratar de refutarlas comparándolas con la evidencia (89).

La hipótesis planteada se orientó al uso de *Urtica urens L.* junto con estiércol de vacuno, y si tiene efectos significativos en la fitorremediación de un suelo contaminado con plomo del distrito El Mantaro, lo cual se buscó validar o refutar mediante un experimento y poder deducir las conclusiones.

En la investigación científica, este método se usa a menudo. Aborda un enfoque lógico para resolver el problema que planteamos; se han propuesto dos escenarios: uno donde el problema es más relevante a nivel de observación a su vez las hipótesis generadas se clasifican como experimentos, y otro caso es un sistema teórico que tiende por ser más compleja (90).

3.1.1.2. Método específico

El análisis es un método específico de investigación donde evaluamos las principales propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo sintético, incluido el contenido de plomo, el pH, la materia orgánica, la textura, el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Después del experimento, se examinó la cantidad de plomo en el suelo y las plantas.

Tabla 4. *Resultados del análisis de caracterización del suelo del experimento del distrito de El Mantaro.*

Parámetro	Contenido	Calificación*
pH	8.00	Moderadamente alcalino
Materia Orgánica (%)	2.81	Medio
Arena (%)	59.8	-
Limo (%)	25.8	-
Arcilla (%)	14.4	-
Clase textural	Franco Arenoso	Moderadamente gruesa
Fósforo (ppm)	9.62	Medio
Potasio (ppm)	273.38	Alto
Nitrógeno total (%)	0.14	Medio

*Nota: Anexo 2.

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Santa Ana (INIA) - Junín.

El pH del suelo es mayor de 7, indicando un rango moderadamente alcalino que limita la solubilidad de algunos nutrientes y Pb. El contenido de materia orgánica es insuficiente en el suelo (contenido medio), limitando la actividad microbiana y generando la necesidad de aplicar este componente al suelo. La textura facilita el desarrollo de las plantas, circulación de agua y permite buenas propiedades físicas. Existe contenido medio de P, indicando la necesidad de complementar este nutriente. El potasio está en cantidades altas, recomendándose una fertilización de mantenimiento si se instala una planta. El nitrógeno tiene contenido medio, debido al similar nivel de materia orgánica. Los datos se presentan en la tabla 2.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada fue muy útil, utilizando *Urtica urens L.* para probar los fundamentos teóricos del papel de los modificadores orgánicos en la fitorremediación de la contaminación por plomo.

Para adquirir nuevos conocimientos, se debe realizar una investigación aplicada, pero también debe servir en última instancia a un propósito práctico específico, para identificar nuevos métodos y lograr los objetivos específicos predefinidos, así como para evaluar la viabilidad de utilizar los resultados de la investigación básica (91).

3.1.3. Nivel de investigación

La investigación fue de nivel experimental. Se realizaron estudios controlados de estos procedimientos para evaluar el impacto de diferentes procedimientos experimentales en la remediación de suelos contaminados y fueron explicados según los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio.

En su significado específico, el término "experimento" se refiere a un estudio en el que una o más variables independientes (causa hipotética o antecedentes) se modifican intencionalmente para probar los efectos de la manipulación. Para una o más variables dependientes (efectos o resultados hipotéticos) en un entorno controlado por el investigador (92).

3.2. Diseño de la investigación

Con cinco tratamientos y tres repeticiones, en la presente investigación se utilizaron un total de 15 unidades experimentales utilizando un diseño completamente al azar (DCA).

El modelo aditivo lineal del diseño experimental empleado es el siguiente (96):

$$\gamma_{ik} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ijo}$$

γ_{ik} = cualquier observación del experimento.

μ = media poblacional.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ijo} = error experimental.

Tabla 5. *Tratamiento del estudio.*

Numero	Tratamiento	Descripción
1	0 % estiércol de vacuno (0 EV)	5 kg suelo contaminado con Pb
2	5 % estiércol de vacuno (5 EV)	0.250 kg EV + 4.75 kg suelo contaminado con Pb
3	10 % estiércol de vacuno (10 EV)	0.500 kg EV + 4.50 kg suelo contaminado con Pb
4	15 % estiércol de vacuno (15 EV)	0.750 kg EV + 4.25 kg suelo contaminado con Pb
5	20 % estiércol de vacuno (20 EV)	0.100 kg EV + 4.00 kg suelo contaminado con Pb

Fuente: elaboración propia.

La variable independiente estiércol vacuno, es un recurso útil para el manejo sostenible y biológico del suelo, sirvió como variable independiente para el proyecto. Es más eficaz cuando se utiliza en combinación con otras técnicas respetuosas con el medio ambiente, como la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura, el abono verde y la cal. Considere la dosis de estiércol vacuno como un indicador.

Por otro lado, la variable dependiente fitorremediación con *Urtica urens L.* y sus indicadores, cantidad de Pb absorbido por *Urtica urens L.* y factor de bioconcentración. Asimismo, la variable dependiente Pb en el suelo y su indicador concentración de Pb en el suelo.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por las plantas de *Urtica urens L.*, que se desarrollaron en los suelos agrícolas contaminados del distrito de El Mantaro.

Referente a la población, Sánchez (94 págs. 236-237) precisa que es “el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

Así también, Ramírez (95 pág. 55) define la población como “el conjunto de elementos que forma parte del grupo de estudio, por tanto, se refiere a todos los elementos que en forma individual podrían ser cobijados en la investigación. La población lo define el objetivo o propósito central del estudio”.

3.3.2. Muestra

Urtica urens L.: la muestra estuvo constituido por 10 plantas de *Urtica urens L* cultivados en cada maceta del suelo contaminado del distrito de El Mantaro y para su análisis se eligió por conveniencia.

Suelo contaminado con plomo: la muestra estuvo constituida por 75 kilos de suelo agrícolas de El distrito del Mantaro distribuidas en 15 macetas de 5 kg cada una. El tamaño de parcela que se ha usado es de 9.30 ha y para su análisis se eligió por conveniencia.






Según lo citado en Hernández-Sampieri *et al.* (92 pág. 173) refiere que la muestra es un “subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y se debe se representativo de esta”.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Conducción experimental

El suelo colectado en el distrito de El Mantaro, fue obtenido de cinco (05) puntos seleccionados al azar y por conveniencia.

Tabla 6. Georreferenciación de puntos de muestreo del suelo contaminado, zona 18S UTM.

Nº	Este	Norte	Altitud	Registro fotográfico
1	4549596	8691544	3345	
2	4549451	8691543	3343	
3	454994	8691737	3343	
4	455061	8691705	3346	
5	455139	8691766	3355	

Fuente: elaboración propia.

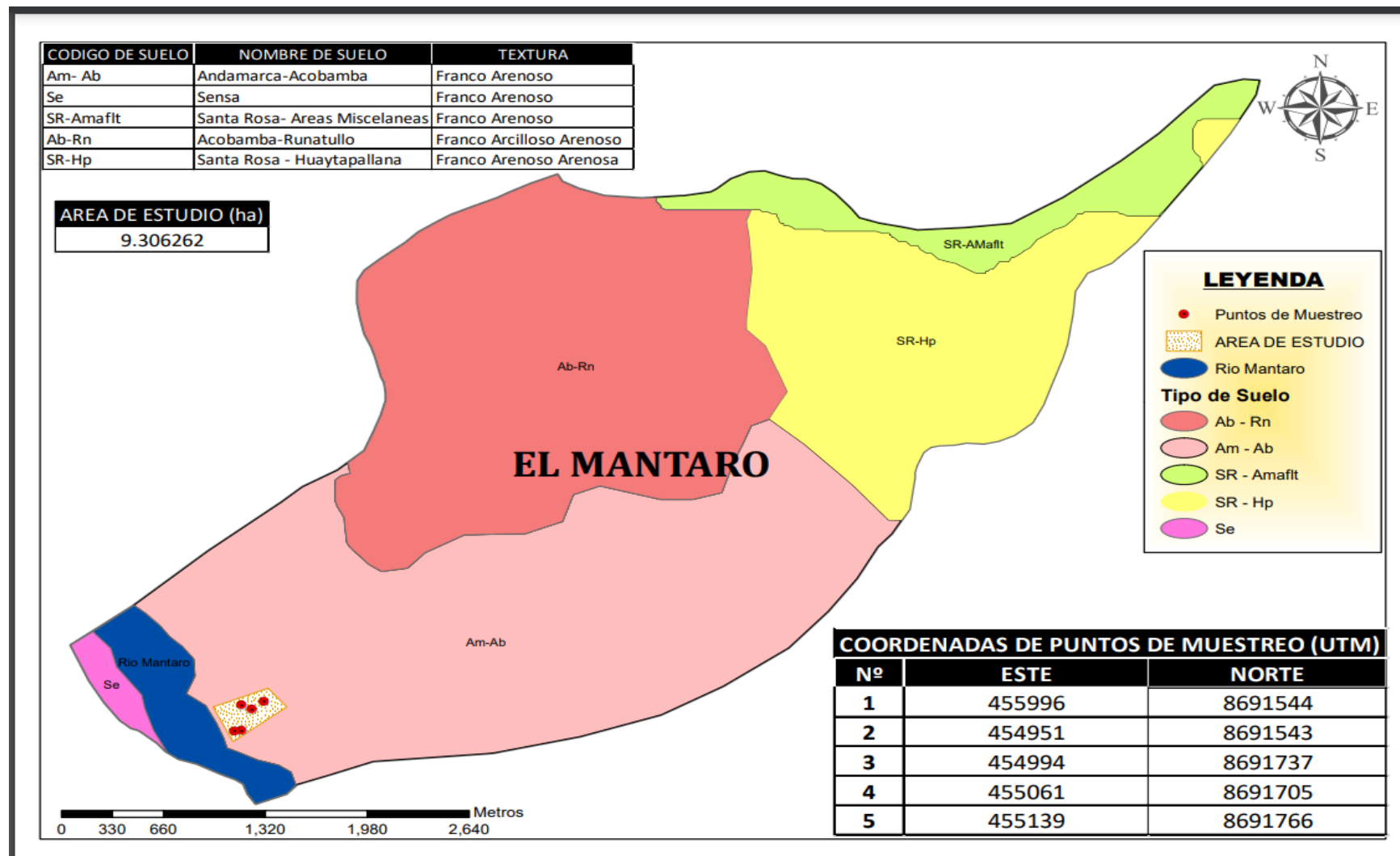


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: elaboración propia (información extraída de usos de suelo propuesto por el Ministerio del Ambiente).

Se realizó el muestreo respectivo de acuerdo a la Guía de Muestreo de Suelos establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) según el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad de Suelos (ECA); cumpliendo los lineamientos que indica este documento, que para el muestreo de suelos se debe considerar que el área muestreada sea una parte representativa que presenten las mismas características o propiedades del material que se esté estudiando; según sea el objeto de estudio.

La muestra es representativa porque se realizó tomando en cuenta las características de la zona y el tipo de suelo (textura, permeabilidad, color y según el contaminante a estudiado), realizados de forma aleatoria y por conveniencia en los suelos agrícolas del distrito de El Mantaro.

Secado y preparación de muestra con estiércol:

La muestra compuesta fue secada al aire libre, pasado por el tamiz N° 10, de 2.0 mm de apertura de malla, y fue distribuido en macetas de plástico de 5 kg de capacidad, donde se aplicaron los tratamientos.



Figura 2. Instalación de tratamientos.

Fuente: propia.

Preparación de suelo y sembrado de *Urtica urens* L.:

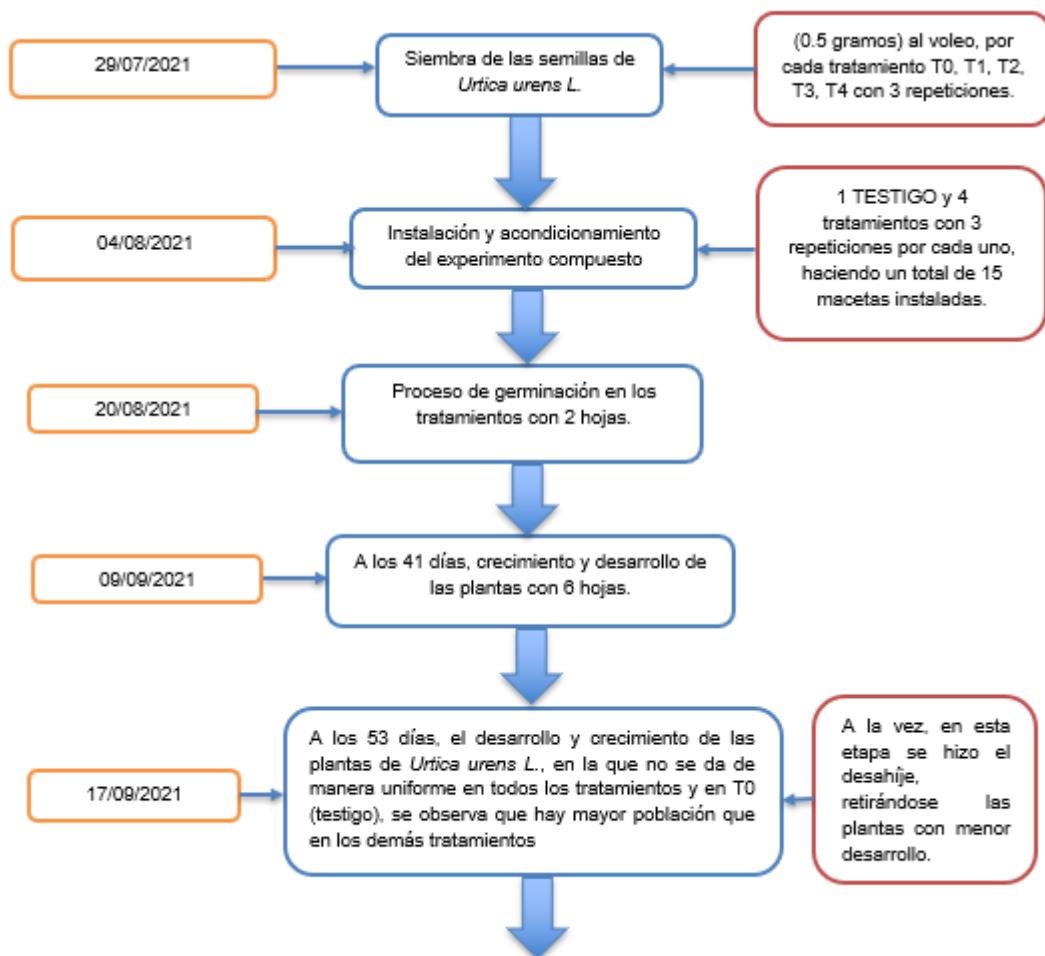
Una vez distribuido los tratamientos, el substrato fue saturado con agua, y se dejó drenar durante dos días. Posteriormente, el 29 de julio del 2021, se sembró la ortiga, utilizando 0.5 mg de semillas y se distribuyó uniformemente en cada maceta. Cada maceta tuvo las dimensiones de 28 cm de largo x 28 cm de ancho y 20 cm de altura.

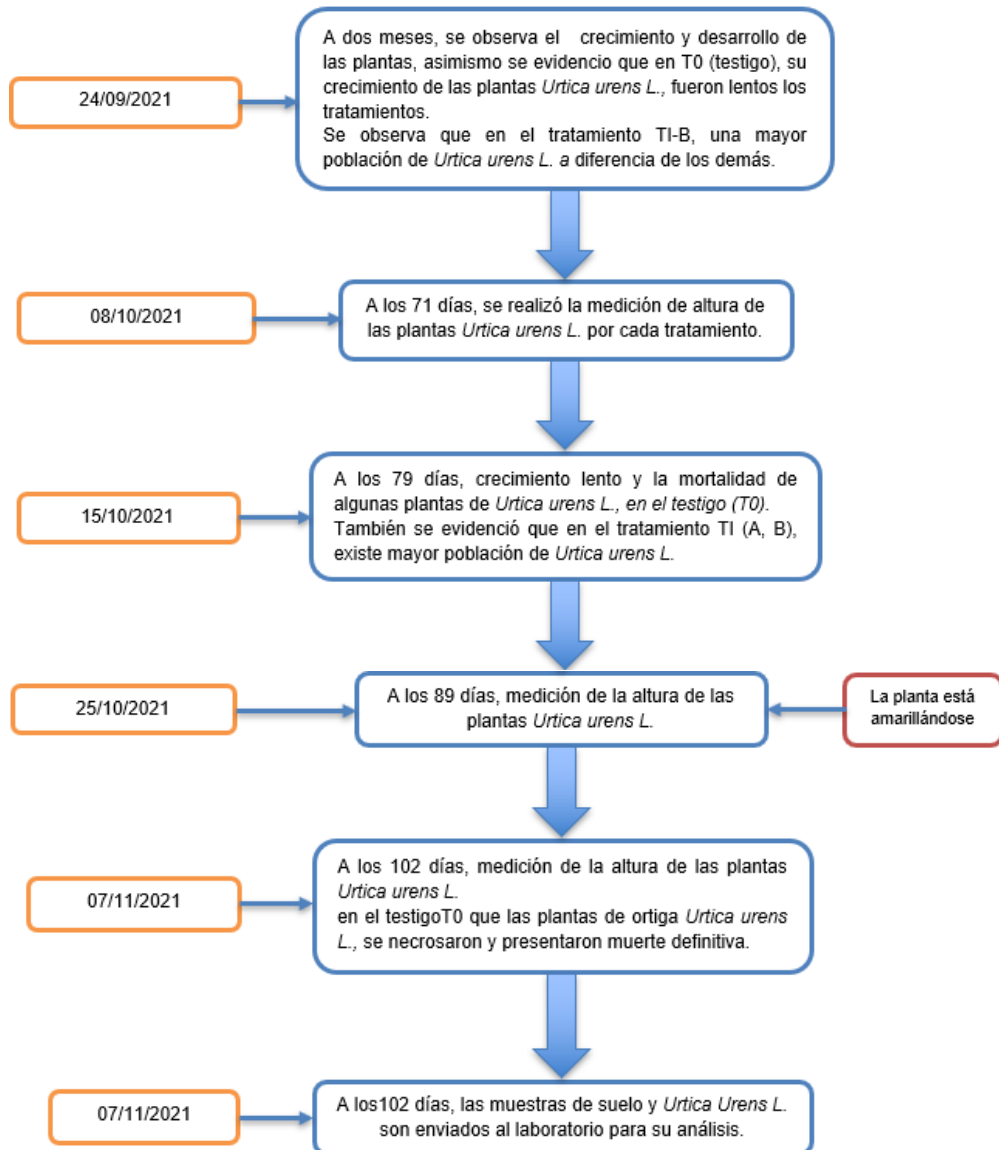


Figura 3. Siembra de *Urtica urens L.*

Fuente: propia.

Proceso conductual de desarrollo y crecimiento de la planta *Urtica urens L.* (ver Anexo 3).





Riego:

Se mantuvo la humedad del sustrato de cada maceta al 80 % de capacidad de campo, utilizando para el riego, agua destilada. La capacidad de campo del suelo fue de 32 %, lo cual significa que el 80 % de la capacidad de campo es 25.6 % ($32 \times 0.80 = 25.6 \%$). Para tal efecto se agregó un promedio de 1280 ml de agua ($5000 \text{ g} \times 0.256 = 1280$). Después del riego cada maceta tenía un peso promedio de 6 280 g (más el peso de la maceta). Cada cuatro días en promedio se pesaba la maceta y si el peso era menor que el peso total se le agregaba agua hasta completar el peso total. Esto se realizó hasta finalizar el experimento.



Figura 4. Monitoreo de crecimiento de *Urtica urens* L.

Fuente: propia.



Figura 5. Tratamiento con cuatro plantas de *Urtica urens* L.

Fuente: propia.

Monitoreo:

Durante el desarrollo del experimento se eliminó manualmente todo tipo de insectos, organismos patógenos y malezas encontradas en las unidades experimentales. Después de la aparición de la segunda hoja verdadera de *Urtica urens* L. a los 53 días, se homogenizó el número de plantas, dejando 10 plantas por cada unidad experimental. El experimento tuvo una duración de 100 días, contados desde la siembra, realizando el monitoreo y el control de los parámetros físicos y químicos de los suelos contaminados.



Figura 6. Control de especies.

Fuente: propia.

El método específico de investigación fue el análisis. La muestra compuesta de suelo fue analizada en el contenido de plomo, y en sus principales propiedades fisicoquímicas: pH, materia orgánica, textura, nitrógeno, fósforo y potasio. Una vez que las plantas han acumulado los metales en sus tejidos aéreos, se cosechan y posteriormente se transportan para su disposición al área de estudio. Al finalizar el experimento se analizó el contenido de Pb en el suelo y la planta se envió al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para su respectivo análisis y disposición final. Los resultados de los análisis se muestran las tablas 9 y 10.

Contenido de Pb:

El suelo fue tratado mediante la técnica de digestión ácida. La solución de ácido nítrico y ácido perclórico se agregaron a un matraz Erlenmeyer que contenía 5 g de peso, en una proporción de 5:1, junto con 10 ml de la mezcla ácida. Durante unas dos horas se dejó el matraz en la placa de digestión a una temperatura entre 180 y 200°C. Después de dejar que se enfríe, la muestra se transfirió a un vial y se llenó con agua desionizada hasta un volumen de 25 ml. La sustancia se movió a un tubo de ensayo y se agitó. Se agregaron 9 ml de agua desionizada después de tomar una alícuota de 1 ml. Un espectrofotómetro que mide la absorción atómica proporcionó la concentración de plomo (96).

pH:

Al inicio del experimento se realizó el análisis del pH, usando una proporción de 1:1 (m/v) de suelo/agua; se midió el pH del suelo usando un potenciómetro. En lugar de decir simplemente que el suelo es ácido o alcalino, la estimación del pH revela mucho más sobre las propiedades del suelo. La disponibilidad de nutrientes o la toxicidad potencial de otros elementos, por ejemplo, están estrechamente relacionados con el pH (97).

Materia orgánica:

El método de Walkley-Black, cuya idea subyacente es la oxidación húmeda, se utilizó para medir la materia orgánica del suelo. Los resultados dan el contenido de carbono orgánico, que cuando se multiplica por 1.724 da el porcentaje de materia orgánica en el suelo (89).

Textura:

Para el análisis de la textura se empleó el método del hidrómetro, basado en la ley de Stoke. Este método utiliza diferentes velocidades de sedimentación para las partículas del suelo (arena, limo y arcilla). De este análisis se obtienen los porcentajes de cada partícula y luego se utiliza el triángulo textural americano para conocer la textura del suelo (89).

Nitrógeno:

Se utilizó el método micro-Kjedldahl para analizar el contenido de nitrógeno total del suelo. Utilizando una solución catalítica de ácido sulfúrico y sulfato de potasio, se somete a digestión 1 g de la muestra. A continuación, la muestra se destila y el hidróxido de amonio se recoge en una solución de ácido bórico. Luego se mide el contenido de nitrógeno de la muestra titulándola con ácido sulfúrico (89).

Fósforo:

Se usó un método Olsen modificado que usa bicarbonato de sodio como extractante a pH 8-5 para determinar la cantidad de fósforo disponible. A 660 nm, medimos la cantidad de fósforo extraído usando un espectrofotómetro y registramos los datos de transmitancia. Partes por millón (ppm) es la unidad de medida del resultado (89).

Potasio:

Se usó acetato de amonio como extractante para calcular el potasio disponible. El término "intercambiable" se refiere a la concentración de cationes detectada por este método en suelos no calizos, ya que contiene la suma de potasio soluble e intercambiable en agua extraído por el solvente. El agua reemplaza los cationes intercambiables en el suelo un complejo intercambio. Los cationes se describen como más intercambiables y solubles en suelos calcáreos. Se mide en ppm (89).

3.4.2. Análisis de plomo total en la planta

Cada unidad experimental (maceta) contenía diez plantas, todas las cuales fueron cuidadosamente removidas, lavadas y dejadas al aire libre. Luego se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas y se enviaron al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina para un análisis completo de plomo.

3.4.3. Análisis de plomo total en el suelo después del experimento

El suelo de cada unidad experimental fue homogenizado y se tomaron muestras de aproximadamente 1 kg, se rotularon para tratamiento, se reiteraron, para ser enviados al Laboratorio Mineralógico RCJ para el análisis de plomo total.

3.4.4. Cálculo del factor de bioconcentración (FBC)

Para hallar el FBC de plomo, se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$FBC = \frac{\text{Concentración Pb en la planta}}{\text{Concentración de Pb en el suelo}}$$

Por otra parte, los factores de bioacumulación (FBA) y factores de bioconcentración expresan la concentración química del compuesto tóxico en el organismo acuático como resultado de todas las posibles vías de exposición: absorción dietética y transporte a través de la superficie respiratoria, estos son evaluados en estudios de campo.

3.4.5. Procesamiento de los datos

Una vez recolectados los datos, se sistematizaron utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si cada variable se distribuía normalmente. En caso afirmativo, se realizó el análisis de varianza y prueba de significancia de Duncan. En caso contrario, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se usó el software INFOSTAT para el procesamiento de datos (98).

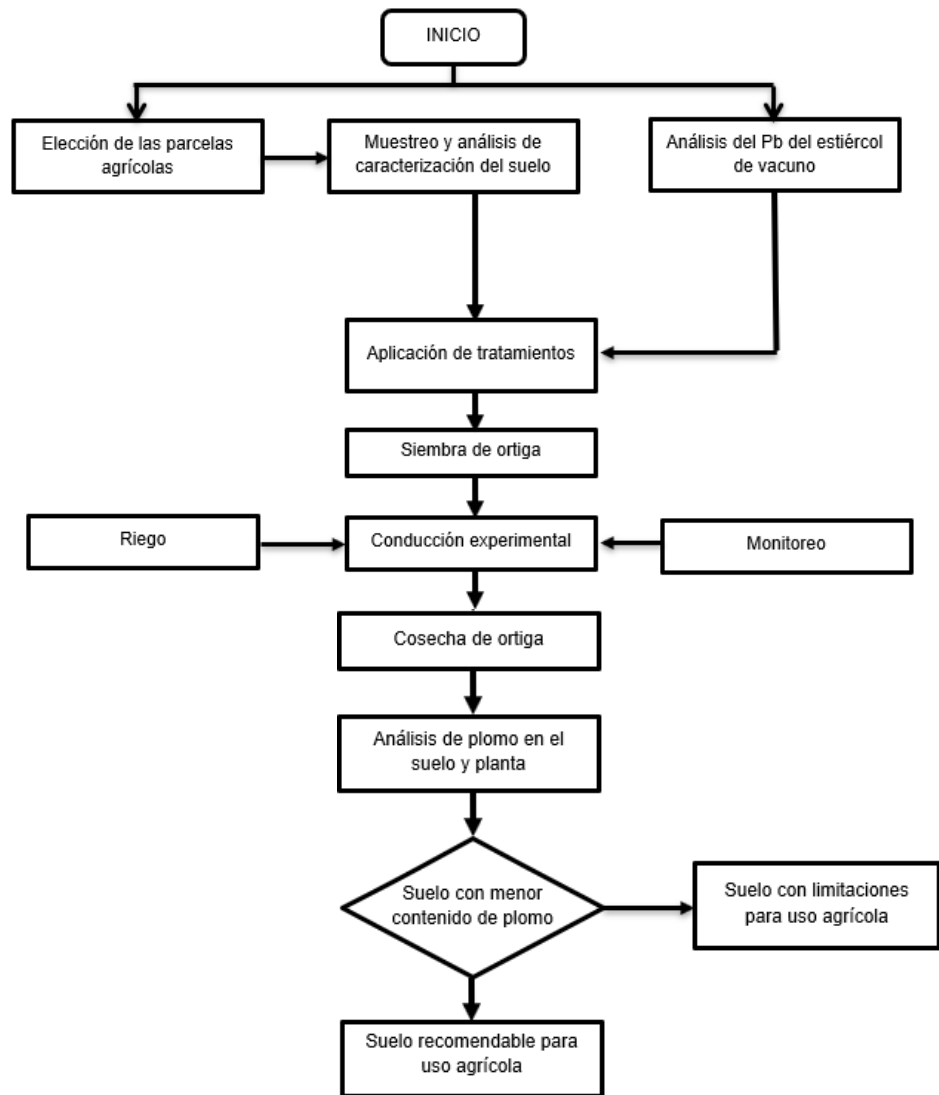


Figura 7. Diagrama metodológico del proceso experimental.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Absorción de plomo con *Urtica urens L.*

Tabla 7. Absorción de plomo (mg/kg) por la parte aérea de *Urtica urens L.*

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
T1*: Estiércol de vacuno (0 %)	0.00	0.00	0.00	0.00
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	356.25	350.55	361.96	356.25
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	324.50	304.43	344.56	324.50
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	256.37	272.25	288.13	272.25
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	174.50	187.34	161.67	174.50

*Nota: en T1 se muestran resultados 0.00 debido a que *Urtica urens L.* no completó su desarrollo ya que a los 89 días mostró amarillamiento y muerte definitiva de las plantas en las 03 repeticiones (ver Anexo 3).

Fuente: Laboratorio LABS UNIVERSAL.

La absorción de plomo por *Urtica urens L.* fue mayor, en promedio, con 5 % de estiércol de vacuno (T2). El incremento de estiércol de vacuno disminuyó la absorción de Pb. El tratamiento testigo se perdió debido a que las plantas no emergieron. Los datos se presentan en la tabla 7.

4.1.2. Factor de bioconcentración de plomo por *Urtica urens L.*

Tabla 8. *Factor de bioconcentración (FBC) de Urtica urens L.*

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
T1*: Estiércol de vacuno (0 %)	0.00	0.00	0.00	0.00
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	0.148	0.140	0.147	0.145
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	0.122	0.116	0.122	0.120
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	0.105	0.099	0.117	0.107
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	0.072	0.075	0.061	0.069

*Nota: en T1 se muestran resultados 0.00 debido a que *Urtica urens L.* no completó su desarrollo ya que a los 89 días mostró amarillamiento y muerte definitiva de las plantas en las 03 repeticiones (ver Anexo 3).

Fuente: Laboratorio LABS UNIVERSAL.

El Factor de bioconcentración (FBC) tuvo el mayor valor en la dosis más baja de estiércol de vacuno (5 %), mientras que el tratamiento con 20 % de estiércol de vacuno, tuvo el menor valor del FBC. Todos los valores fueron menores que la unidad debido a que el suelo ya se encuentra en proceso de fitorremediación por la acción de 5 % del estiércol de vacuno. Los datos se presentan en la tabla 8.

4.1.3. Concentración inicial de Pb en el suelo

Tabla 9. *Resultados del análisis de plomo en el suelo.*

Parámetro	Contenido (mg/kg)	Calificación	ECA Suelos (mg/kg)
Plomo total	2600	Alto	70

Fuente: Laboratorio de minerales, suelo y agua - LABS RCJ.

El contenido de plomo total en el suelo es alto, pues superó el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de suelos del Perú (99) en más de 37 veces; esto significa que el suelo está contaminado por plomo.

Tabla 10. *Resultados del análisis de Pb en el estiércol de vacuno - distrito de El Mantaro.*

Parámetro	Contenido (mg/kg)	Calificación	NCh2880 (mg/kg)
Plomo total	180	Alto	100

Fuente: Laboratorio de minerales, suelo y agua - LABS RCJ.

El contenido de plomo total en el estiércol de vacuno es alto, pues superó el valor de la Norma Técnica Chilena (NCh2880) (20) en 1.8 veces; esto significa que el estiércol está contaminado por plomo.

Tabla 11. *Concentración final de Pb en el suelo.*

Tratamiento	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
T1: Testigo	2775.416	2565.528	2681.388	2674.111
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	2410.156	2500.907	2460.064	2457.042
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	2668.260	2630.350	2834.056	2710.889
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	2594.340	2584.579	2473.161	2550.693
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	2422.187	2488.226	2665.085	2525.166

Fuente: Laboratorio LABS UNIVERSAL.

El tratamiento con menor concentración de Pb al final del experimento fue el tratamiento 5, y el más alto, el testigo, donde no se aplicó estiércol de vacuno. Los datos se presentan en la tabla 11.

En el testigo se ha incrementado debido a factores bioquímicos que se produce de forma natural por la presencia de pH, intercambio catiónico y demás parámetros fisicoquímicos.

Tabla 12. Análisis de Pb en el suelo después de la cosecha de *Urtica urens L.*

Tratamiento	Promedio
T1: Estiércol de vacuno (0%)	2674.111
T2: Estiércol de vacuno (05 %)	2457.042
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	2710.889
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	2550.693
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	2525.166

Fuente: Laboratorio de minerales, suelo y agua - LABS RCJ.

Se observa que el contenido de Pb en cada unidad experimental es variable, siendo de mayor concentración en el tratamiento 3 y menor en el tratamiento 2, lo cual se atribuye al incremento de Pb proveniente del estiércol aplicado en cada tratamiento.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis específica 1

“La cantidad de plomo absorbido por *Urtica urens L.* en un suelo contaminado con plomo, es variable, dependiendo de las dosis de estiércol de vacuno aplicado, en el distrito El Mantaro, Jauja”

4.2.1.1. Absorción de Pb en toda la planta

Para comprobar la hipótesis planteada, primero se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Para la prueba de normalidad se plantearon las siguientes hipótesis:

*H0: La población está distribuida normalmente.

*Ha: La población no está distribuida normalmente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 13. *Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la acumulación de Pb en toda la planta.*

Tratamiento	Media (ppm Pb)	p-valor
T1: Estiércol de vacuno (0 %)	0.00	> 0.9999
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	356.25	> 0.9999
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	324.50	> 0.9999
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	272.25	> 0.9999
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	174.50	> 0.9999

Fuente: elaboración propia.

Como el p-valor en todos los tratamientos es mayor que 0.05, se acepta H_0 y se rechaza H_a , es decir, la población está distribuida normalmente. Los datos se presentan en la tabla 13. Posteriormente, se desarrolló el análisis de varianza.

Tabla 14. *Análisis de varianza para la acumulación de Pb en toda la planta.*

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	247599.740	4	61899.935	363.236	<0.0001
Error	1704.126	10	170.413		
Total	249303.866	14			
S = 13.054		$\bar{x} = 225.50$			CV = 5.789 %

Fuente: elaboración propia.

El valor de p en la fuente de variación de los tratamientos es inferior a 0.05, como se desprende del análisis de varianza, y esto demuestra que las dosis de estiércol de vacuno son estadísticamente diferentes. La tabla 14 muestra los datos. Las dosis promedio de estiércol de vacuno se compararon mediante la prueba de Duncan.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pb planta	15	0.993	0.990	5.789

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	247599.740	4	61899.935	363.236	<0.0001
Tratamiento	247599.740	4	61899.935	363.236	<0.0001
Error	1704.126	10	170.413		
Total	249303.866	14			

Test:Duncan Alfa=0.05
 Error: 170.4126 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	356.253	3	7.537	A
10	324.497	3	7.537	B
15	272.250	3	7.537	C
20	174.503	3	7.537	D
0	0.000	3	7.537	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 8. Test de Duncan (Pb en la planta).

Fuente: elaboración propia.

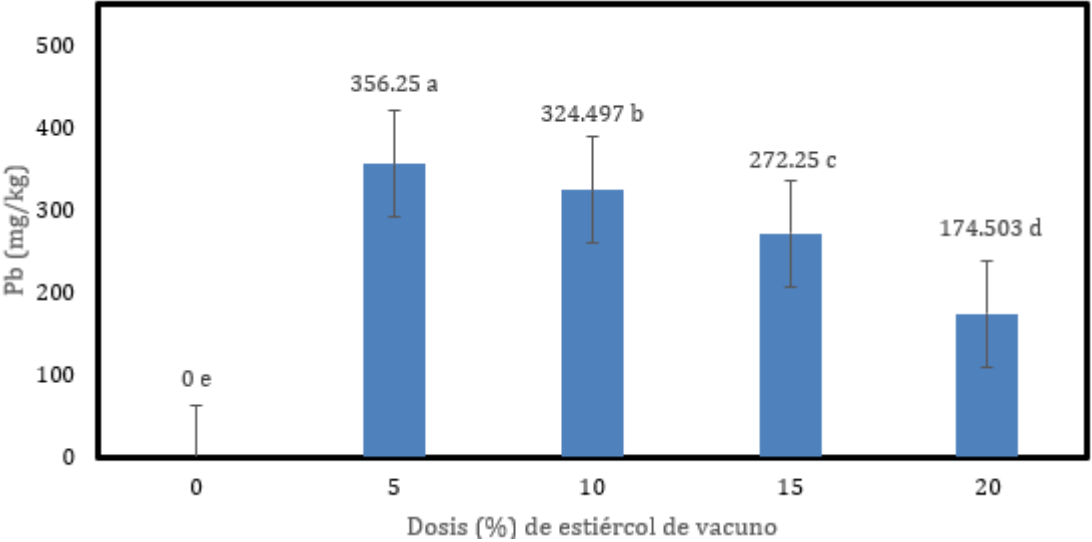


Figura 9. Prueba de Duncan para la acumulación de Pb en la planta de *Urtica urens L.*

Fuente: elaboración propia.

Según la prueba de Duncan, el suelo con 5 % de estiércol de vacuno (T2) presentó, significativamente, la mayor acumulación de Pb en la parte aérea de la planta, en comparación con las dosis de 10 %, 15 % y 20 %, indicando que el estiércol de vacuno aumento de la captación de Pb por parte de *Urtica urens L.* La figura 9 muestra los datos. Estos hallazgos apoyan la hipótesis (tabla 14).

4.2.1.2. Factor de bioconcentración (FBC)

Para comprobar la hipótesis planteada, primero se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Para la prueba de normalidad se plantearon las siguientes hipótesis:

*H0: La población está distribuida normalmente.

*Ha: La población no está distribuida normalmente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 15. *Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el FBC de Pb en Urtica urens L.*

Tratamiento	Media	p-valor
T1: Estiércol de vacuno (0 %)	0.000	< 0.9999
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	0.145	0.4314
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	0.120	< 0.0001
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	0.107	0.6394
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	0.069	0.3877

Fuente: elaboración propia.

Se rechaza H0 y se acepta Ha, lo que indica que la población no se distribuye normalmente porque uno de los valores de p de los tratamientos (T3) es inferior a 0.05; se expone ello en la tabla 15. Luego se utilizó la prueba de Kruskal Wallis.

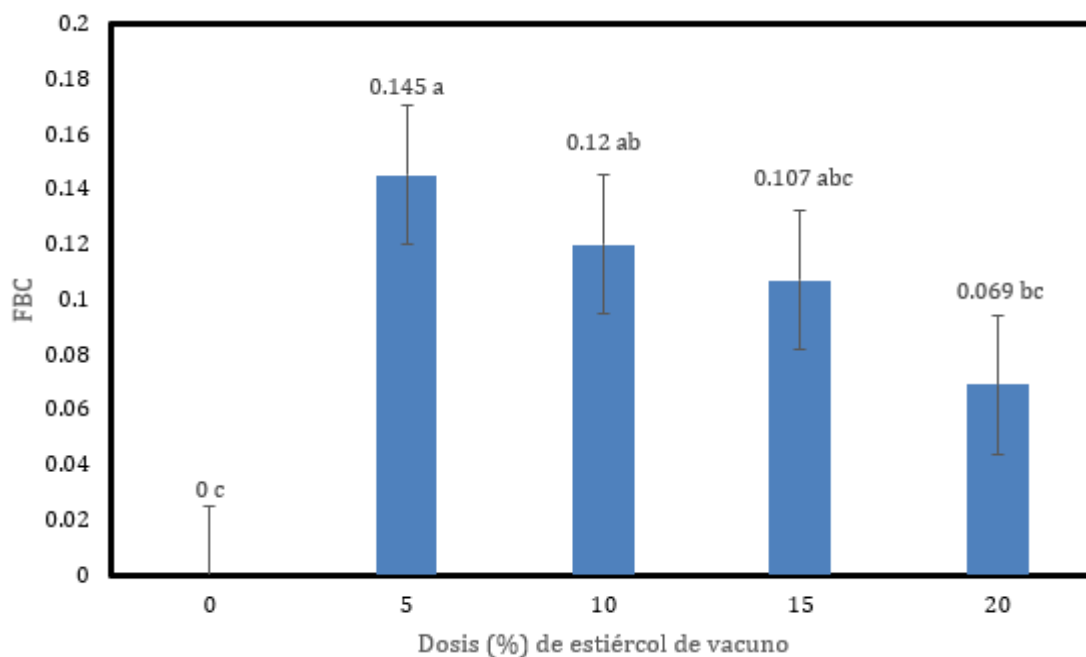


Figura 10. Prueba de Kruskal Wallis para el FBC de *Urtica urens L.*

Fuente: elaboración propia.

El tratamiento con 5 % de estiércol de vacuno (T2) fue superior estadísticamente en el factor de bioconcentración de Pb, que mide la cantidad de Pb acumulado en la planta, relacionándola con el dato en el suelo. El tratamiento con 20 % (T5) tuvo el menor FBC. Los datos se presentan en la figura 10.

4.2.2. Hipótesis específica 2

“El uso de ortiga (*Urtica urens L.*) con estiércol de vacuno en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo en el distrito El Mantaro, reduce la concentración de plomo en el suelo”.

Para comprobar la hipótesis planteada, primero se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Para la prueba de normalidad se plantearon las siguientes hipótesis:

*H₀: La población está distribuida normalmente.

*H_a: La población no está distribuida normalmente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración final de Pb en el suelo.

Tratamiento	Media	p-valor
T1: Estiércol de vacuno (0 %)	2674.111	0.8863
T2: Estiércol de vacuno (5 %)	2457.042	0.8906
T3: Estiércol de vacuno (10 %)	2710.889	0.3346
T4: Estiércol de vacuno (15 %)	2550.693	0.1380
T5: Estiércol de vacuno (20 %)	2525.166	0.5075

Fuente: elaboración propia.

Se acepta H0 y se rechaza Ha porque todos los tratamientos tienen valores de p superiores a 0.05, lo que demuestra que la población de origen de la muestra tiene una población distribuida normalmente. La información se muestra en la tabla 16. Luego, se realizó el análisis de varianza.

Tabla 17. Análisis de varianza para el contenido de Pb en el suelo al final del experimento.

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	134726.423	4	33681.606	3.76	0.0416
Error	90322.463	10	9032.246		90322.463
Total	225048.885	14			225048.885
S = 95.038			$\bar{x} = 2583.58$		CV = 3.678 %

Fuente: elaboración propia.

El análisis de varianza presenta una significación estadística entre los tratamientos (p-valor < 0.05), indicando que las dosis de estiércol de vacuno hicieron variar el contenido de Pb en el suelo, al final del experimento de fitorremediación con *Urtica urens L.* Los datos se presentan en la tabla 17. Se procedió a desarrollar la prueba de Duncan para comparar los promedios de tratamientos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pb planta	15	0.993	0.990	5.789

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	247599.740	4	61899.935	363.236	<0.0001
Tratamiento	247599.740	4	61899.935	363.236	<0.0001
Error	1704.126	10	170.413		
Total	249303.866	14			

Test:Duncan Alfa=0.05
 Error: 170.4126 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	356.253	3	7.537	A
10	324.497	3	7.537	B
15	272.250	3	7.537	C
20	174.503	3	7.537	D
0	0.000	3	7.537	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 11. Test de Duncan (Pb en el suelo).

Fuente: elaboración propia.

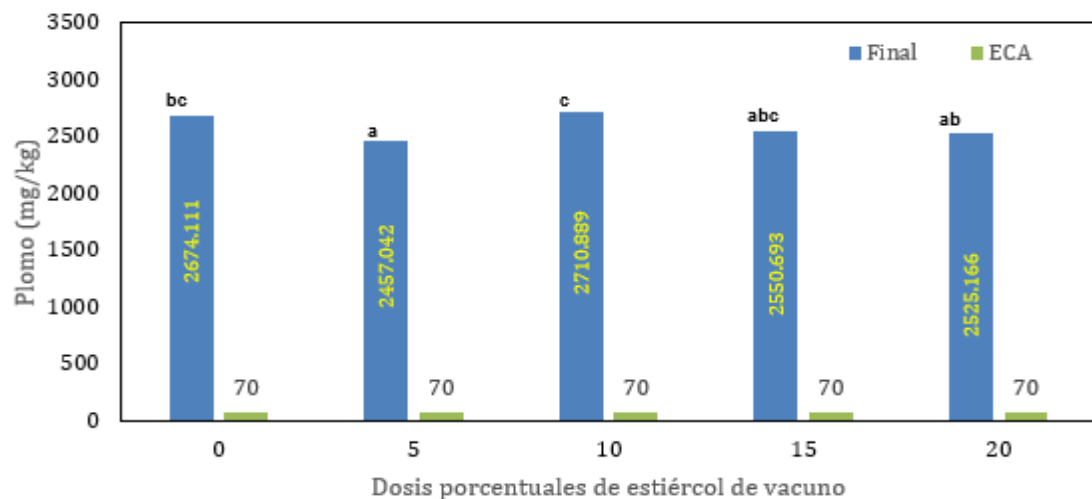


Figura 12. Prueba de Duncan para el contenido de Pb en el suelo.

Fuente: elaboración propia.

La concentración de Pb en el suelo, tras el experimento, presenta la más baja concentración con 5% de estiércol de vacuno (T2), sin diferencias significativas con los tratamientos de 15 % y 20 % de estiércol de vacuno, superando significativamente a los demás tratamientos. El tratamiento con 10 % de estiércol de vacuno mostró los más altos valores de Pb, debido posiblemente al aporte de Pb del estiércol aplicado, inclusive superando al testigo. Los datos se presentan en la figura 12.

4.3. Discusión de resultados

La absorción de Pb en *Urtica urens L.*, se evidenció como superior y significativo en el tratamiento con 5 % de estiércol de vacuno, superando a los demás tratamientos que tuvieron más estiércol de vacuno, lo cual se puede explicar por la alta concentración inicial de Pb en el suelo (2600 mg/kg de suelo), incrementado posiblemente por el alto contenido de Pb en el estiércol aplicado (180 mg/kg de estiércol), que puede haber limitado tanto el desarrollo de la planta como la absorción del metal pesado.

Por eso, se indica que la aplicación de enmiendas orgánicas, como lo es el estiércol de vacuno, también es un factor importante en el contenido de metales tóxicos en el suelo. Estas pueden incrementar las concentraciones del metal pesado contaminante en el suelo, por lo cual deben ser analizadas en todos sus parámetros fisicoquímicos para evitar contaminación secundaria del suelo (79).

Los valores encontrados en el presente experimento fueron superiores a los encontrados en Egipto, en la localidad de Sekaeel, donde se evaluaron seis especies de plantas que crecían en suelos contaminados con metales pesados, encontrándose que *Urtica urens L.* presentó una concentración de 43 mg/kg en tallos (18), inferior a lo encontrado con el tratamiento T2, que obtuvo una concentración de 356.25 ppm, lo cual se pueden atribuir a la alta concentración en el suelo del presente experimento.

El factor de bioconcentración (FBC), que es un indicador de la eficiencia de *Urtica urens L.*, de acumular contaminantes en los tejidos, desde el suelo (68), tuvo valores menores que la unidad en todos los tratamientos, siendo el tratamiento 2 (5 % de estiércol de vacuno) el que tuvo superioridad estadística significativa en esta variable respecto a los demás tratamientos.

Los resultados encontrados del FBC, fueron similares a los obtenidos en *Helianthus annuus* con Pb (22), donde no excedió a la unidad, recomendándose, para este caso, investigar el crecimiento de esta especie oleaginosa en suelos contaminados, junto con promotores de crecimiento para incrementar la eficiencia de remoción de Pb.

Urtica urens L., también tuvo valores de FBC bajos en el estudio realizado en Bosnia, donde en un suelo con 15 mg Pb/kg suelo, esta especie tuvo buena densidad de plantas (> 50 plantas/m²), considerándose que este factor está relacionado a las propiedades químicas de los suelos estudiados y el Pb no tuvo mayor disponibilidad para las plantas (23) Esta observación es importante, pues la menor disponibilidad de Pb en el suelo, debido a la mayor adsorción de Pb en el suelo, influye en la menor absorción y FBC de la planta. Se ha encontrado que la adsorción de Pb en suelos agrícolas está correlacionada con el pH, CIC, contenido de materia orgánica, arcilla y CaCO₃ (38).

El contenido de Pb en el suelo al final del experimento, fue menor, en forma sobresaliente, en el tratamiento T2, que tuvo 5 % de estiércol de vacuno, sin diferencias significativas con los tratamientos T4 (15 % de estiércol) y T5 (20 % de estiércol), lo cual se atribuye al efecto de la inmovilización del Pb en el suelo, debido principalmente a la presencia del estiércol de vacuno descompuesto, que se caracteriza por ser un fuerte adsorbente y que disminuye la disponibilidad de este elemento en el suelo.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación abordan los siguientes porcentajes, tomando como referencia el contenido de Pb en suelo del análisis inicial (2600 mg/kg), la disminución debido a la aplicación de materia orgánica fue baja (T2 = 5.498 %; T4 = 1.896 %; T5 = 2.878 %), lo cual se atribuye al alto contenido de Pb en el suelo, a su incremento debido al alto contenido de Pb en el estiércol.

Asimismo, los resultados alcanzados son similares al estudio de Ashworth y Alloway (79), quienes observaron que el tratamiento control (T1) y el tratamiento T3 (10 % de estiércol) incrementaron la concentración final de Pb en el suelo, lo cual se atribuye al efecto solubilizante de la enmienda orgánica aplicada al suelo, debido a la presencia de ácidos fúlvicos, y al agregar grandes cantidades de dicha enmienda se incrementa la movilidad de metales al formar complejos órgano-metálicos (80).

Análogamente, los resultados de Bolan *et al.* (82), en contrastación con los resultados del presente estudio, dan cuenta que las enmiendas orgánicas que se aplican al suelo pueden movilizar o inmovilizar metales pesados; el principio de la movilización es la liberación de metales de la fase sólida del suelo a la solución, la

cual puede ser lograda con las reacciones de solubilización, desorción, quelación y complejación, que generan un incremento de metales pesados en solución (83).

Los resultados de incremento de Pb en los tratamientos T1 y T3, son similares a lo reportado en Nigeria, donde se evaluaron Pb, Cu y Zn, móviles, intercambiables y lábiles en suelos urbanos, mediante el método de incubación, resultando que el estiércol de vacuno incrementó Cu y Pb móvil y disminuyó Zn, Pb y Cu potencialmente lábil, en todos los lugares (19).

En los resultados se puede observar que en los tratamientos T2 (5 % Estiércol vacuno), T3 (10 % Estiércol vacuno) y T4 (15 % Estiércol vacuno), se presentan mayores contracciones de Pb a diferencia del T5 (20 % Estiércol vacuno). El tratamiento con mayor concentración de Pb en relación a la masa final de *Urtica urens L.* fue en el tratamiento T4 (15 % Estiércol vacuno), y la más baja concentración de Pb se obtuvo en el tratamiento T5 (20 % Estiércol vacuno) lo cual indica que las dosis de 5 %, 10 % y 15 % tienen mayor eficiencia en la absorción de Pb y que en la dosis de 20 % disminuye la eficiencia.

Los resultados de Pb en los tratamientos T2, T3 y T4 presentan mayor concentración, con valores de 5 %, 10 % y 15 % Estiércol vacuno, en relación a su masa final de *Urtica urens L.* respectivamente de 356.25 mg Pb/kg *Urtica urens L.*, 324.5 mg Pb/kg *Urtica urens L.* y 272.25 mg Pb/kg *Urtica urens L.*, los cuales presentan similitud con los resultados del trabajo de investigación “*Impact of cow dung manure on the solubility of Copper, Lead, and Zinc in Urban garden soils from Northern Nigeria*” (19), donde se determinó el efecto del estiércol vacuno sobre plomo intercambiable y lábil, y una dosis de 10 % de estiércol de vacuno. Se observó que el estiércol de vacuno incrementó el Cu y Pb móvil en todos los lugares, mientras que disminuyó el Zn, Pb y Cu potencialmente lábil.

De acuerdo a los valores presentados, tratamiento de T4 (15 % Estiércol vacuno) con 272.25 mg Pb/kg *Urtica urens L.* La *Urtica urens L.* tiene mayor significancia en el remoción del metal pesado del Pb, así como también fue eficaz en el artículo de investigación titulado: “*Phytoaccumulation of heavy metals in native plants growing on soils in the Spreca river valley*” (23), donde se evaluaron plantas nativas que prosperan suelos contaminados con metales pesados donde *Urtica urens L.* tuvo mayor densidad de plantas en el campo (> 50 plantas/m²) y fueron seleccionadas para posteriores investigaciones en remoción de metales pesados.

CONCLUSIONES

- Se determinó que el efecto de la ortiga (*Urtica urens L.*), con aplicación de estiércol vacuno, en la fitorremediación de plomo en suelo agrícola se dio por la cantidad de Pb absorbida por *Urtica urens L.* en un suelo contaminado del distrito de El Mantaro, la cual varió entre 174.50 mg/kg (T5 = 20 % estiércol de vacuno) y 356.25 (T2 = 5 % estiércol de vacuno), lo que es atribuible al efecto de la aplicación de la enmienda orgánica.
- Se determinó que la cantidad de plomo absorbido por *Urtica urens L.*, en un suelo contaminado con plomo, con la aplicación del 5 % de dosis de estiércol de vacuno obtuvo el más alto valor del factor de bioconcentración, superando significativamente a los demás tratamientos. Este indicador de fitorremediación fue menor que la unidad.
- Se determinó que la concentración de Pb en el suelo contaminado, después del crecimiento de *Urtica urens L.* con diferentes dosis de estiércol, es más baja de Pb en el suelo después de la fitorremediación con *Urtica urens L.*, donde el tratamiento de 5 % de dosis de estiércol de vacuno alcanzó a disminuir en 5.498 % el Pb respecto a la cantidad inicial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en suelos contaminados con alta concentración de Pb, deben aplicarse técnicas como flushing, estiércol de lombriz y compost, como coadyuvantes en el proceso de fitorremediación de suelos contaminados.
- Se recomienda la aplicación del 5 % de dosis de estiércol vacuno, porque permite obtener el más alto valor del factor de bioconcentración de plomo en *Urtica urens L.*
- Se recomienda la aplicación del 5 % de dosis de estiércol de vacuno, para obtener buenos resultados en la fitorremediación del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) XUE, S., y otros. Cadmium, lead, and arsenic contamination in paddy soils of a mining area and their exposure effects on human HEPG2 and keratinocyte cell-lines. *Environmental Research*, 2017, 156, 23-30 pp.
- (2) DÍAZ, W. Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 2016, 19(38). ISSN: 1682-3087.
- (3) WU, W., y otros. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. *Science of The Total Environment*, 2018, 630, 53-61 pp.
- (4) DELLISANTI, F., ROSSI, P. y VALDRÉ, G. In-field remediation of tons of heavy metal-rich waste by Joule heating vitrification. *International Journal of Mineral Processing*, 2016, 93(4).
- (5) PARK, B. y SON, Y. Ultrasonic and mechanical soil washing processes for the removal of heavy metals from soils. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017, 35.
- (6) FAUZIAH, S., y otros. Remediation of heavy metal contaminated soil using potential microbes isolated from a closed disposal site. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2017, 7(4).
- (7) HAQUE, N., y otros. Screening the phytoremediation potential of desert broom (*Bracharis sarathroides* Gray) growing on mine tailings in Arizona, USA. *Environmental Pollution*, 2008, 153(2).
- (8) SHARMA, S., SINGH, B. y MANCHANDA, V. Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2015, 22(2), 946-962 pp.
- (9) CHIRA, J. Dispersión geoquímica de metales pesados y su impacto en los suelos de la cuenca del río Mantaro, departamento de Junín-Perú. *Rev. Inst. Invest. Fac. Minas Metal. Cienc. Geogr.*, 2021, 22(47). ISSN: 1682-3087.
- (10) VALVERDE, N. Evaluación de *Pelargonium zonale* para fitoextraer plomo de suelos agrícolas en El Mantaro - Jauja. Tesis de Maestría (Ingeniería Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.
- (11) CARRILLO, R. Concentración de plomo en forraje y leche de vacuno en seis zonas del Valle del Mantaro. Tesis (Título de Ingeniero Zootecnista). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.

- (12) RUMALDO, M. Descontaminación de suelos con plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* fertilizada con gallinaza en el Callao. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019.
- (13) CASTRO, E. Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo con *Urtica urens* en La Oroya, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
- (14) PAPUICO, R. Fitorremediación de un suelo contaminado con cadmio, utilizando *Lupinus mutabilis* y estiércol de lombriz. Huancaní, Jauja. 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
- (15) CHAMBERS, B., y otros. *Making better use of livestock manures on arable land*. London: Institute of Grassland and Environmental Research B, 2011.
- (16) SHMAEFSKY, B. *Phytoremediation. Concepts and Strategies in Plant Sciences (CSPS)*, 2020. ISBN: 978-3-030-00099-8.
- (17) ALLOWAY, B. *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soil and their bioavailability*. Environmental Pollution, 2013. ISBN: 978-9400744691.
- (18) ABOU-SHANAB, R., y otros. Heavy metals in soils and plants from various metal-contaminated sites in Egypt. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 2007, 1(1).
- (19) AKPA, S. y AGBENIN, J. Impact of cow dung manure on the solubility of Copper, Lead, and Zinc in urban garden soils from Northern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2012, 43(21).
- (20) NCH [En línea]. Compost - clasificación y requisitos, 2004 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2022]. Disponible en: https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificaci%C3%B3n.pdf.
- (21) EZEUDU, C., y otros. Immobilization potential of cow manure for heavy metal remediation from refuse dump soil International. *Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2021, 22(2), 44-55 pp.
- (22) ALABOUDI, K., AHMED, B. y BRODIE, G. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 2018, 63(1), 123-127 pp.
- (23) MURTIC, S., y otros. Phytoaccumulation of heavy metals in native plants growing on soils in the Spreca river valley, Bosnia and Herzegovina. *Plant, Soil and Environment*, 2021, 67(9), 533-540 pp.

- (24) TELLO, H. Eficacia de acumulación de la ortiga (*Urtica urens* L.) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Provincia Constitucional del Callao, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Alas Peruanas, 2019.
- (25) CASTRO, E. Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
- (26) YACOLTA, M. Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.
- (27) BERNABÉ, Y. y MEDINA, H. Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco-2018. Trabajo de Investigación (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018.
- (28) NRIAGU, J. *The biogeochemistry of lead in the environment*. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1978.
- (29) MEYERS, P., PRATT, L. y NAGY, B. Introduction to geochemistry of metalliferous black shales. *Chemical Geology*, 1992, 99.
- (30) RODRÍGUEZ, L., HENGL, T. y REUTER, H. Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS geochemical database. *Geoderma*, 2008, *Geoderma*, 148(2), 189-199 pp.
- (31) GLADNEY, E., y otros. Composition and size distribution of in-stack particulate material at a coal-fired power plant. *Atmospheric Environment*, 1976, 10(12).
- (32) STERCKEMAN, T., y otros. Trace elements in soils developed in sedimentary materials from Northern France. *Geoderma*, 2006, 136(4), 912-929 pp.
- (33) STEINNES, E., y otros. Quantification of pollutant lead in forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 2005, 69(5), 1399-1404 pp.
- (34) STEINNES, E. y FRIEDLAND, A. Metal contamination of natural surface soils from long-range atmospheric transport: Existing and missing knowledge. *Environmental Reviews*, 2006, 14(3).
- (35) McBRIDE, M. *Environmental chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 1994. ISBN: 978-0195070118.

- (36) CHRISTL, I., y otros. Relating ion binding by fulvic and humic acids to chemical composition and molecular size. *Environmental Science and Technology*, 2001, 35(2).
- (37) MADRID, F., DÍAZ-BARRIENTOS, E. y MADRID, L. Availability and bio-accessibility of metals in the clay fraction of urban soils of Sevilla. *Environmental Pollution*, 2008, 156(3), 605-610 pp.
- (38) HOODA, P. y ALLOWAY, B. Cadmium and lead sorption behavior of selected English and Indian soils. *Geoderma*, 1998, 84(3), 121-134 pp.
- (39) HAKEEM, K., y otros. *Soil remediation and plants*. Amsterdam: Elsevier, 2014. ISBN: 9780127999135.
- (40) KHALID, S., y otros. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 2016, 182.
- (41) PILON-SMITS, E. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 2005, 56, 15-39 pp.
- (42) ABIOYE, O., AGAMUTHU, P. y ABDUL, A. Phytotreatment of soil contaminated with used lubrication oil using *Hibiscus cannabinus*. *Biodegradation*, 2012, 23(2), 277-286 pp.
- (43) SAIFULLAH, M., y otros. EDTA-assisted Pb phytoextraction. *Chemosphere*, 2009, 74(10), 1279-1291 pp.
- (44) GUPTA, D., HUANG, H. y CORPAS, F. Lead tolerance in plants: strategies for phytoremediation. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2013, 20(4), 2150-2161 pp.
- (45) ARAUJO, C., MIRANDA, C. y VIEIRA, F. Using plants to remediate or manage metal-polluted soils: an overview on the current state of phytotechnologies. *Acta Scientiarum Agronomy*, 2021, 43.
- (46) DALCORSO, G., y otros. Heavy metal pollutions: state of the art and innovation in phytoremediation. *Int. J. Mol. Sci.*, 2019, 20(14).
- (47) JACOB, J., y otros. Biological approaches to tackle heavy metal pollution: a survey of literature. *Journal of Environmental Management*, 2018, 217(1), 56-70 pp.
- (48) MARQUES, A., y otros. *Solanum nigrum* grown in contaminated soil: effect of arbuscular mycorrhizal fungi on zinc accumulation and histolocalisation. *Environmental Pollution*, 2009, 145(3), 691-699 pp.
- (49) GERHARDT, K., y otros. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. *Plant Science*, 2017, 176(1), 20-30 pp.

- (50) MENCH, M., y otros. Successes and limitations of phytotechnologies at field scale; outcomes, assessment and outlook from COST Action 859. *Journal of Soils and Sediments*, 2010, 10, 1039-1070 pp.
- (51) WUANA, R. y OKIEIMEN, F. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices*, 2011.
- (52) BURGESS, A., y otros. From phytoremediation of soil contaminants to phytomanagement of ecosystem services in metal contaminated sites. *Int. J. Phytoremediation*, 2018, 20(4), 384-397 pp.
- (53) LI, J., y otros. Cadmium tolerance and accumulation in cultivars of a high-biomass tropical tree (*Averrhoa carambola*) and its potential for phytoextraction. *J. Environ. Qual.*, 2010, 39(4), 1262-1268 pp.
- (54) MA, Y., y otros. Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. *Biotechnol. Adv.*, 2011, 29(2), 248-258 pp.
- (55) SARWAR, N., y otros. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 2017, 171.
- (56) YAN, A., y otros. Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted. *Front. Plant Sci.*, 2020, (11).
- (57) ALI, H., KHAN, E. y SAJAD, M. Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. *Chemosphere*, 2013, 91(7), 869-881 pp.
- (58) BOLAN, N., y otros. Phytostabilization: a green approach to contaminant containment. *Advances in Agronomy*, 2011, 112, 145-204 pp.
- (59) TLUSTOS, P., y otros. Removal of As, Cd, Pb, and Zn from contaminated soil by high biomass producing plants. *Plant Soil Environ.*, 2006, 52(9), 413-423 pp.
- (60) LASAT, M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. *J. Environ. Qual.*, 2002, 31(1), 109-120 pp.
- (61) SHEORAN, V., SHEORAN, A. y POONIA, P. Role of hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2010, 41(2), 168-214 pp.
- (62) PRASAD, M. Phytoremediation of metal-polluted ecosystems: hype for commercialization. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2003, 50, 686-701 pp.
- (63) LONE, M., y otros. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: progresses and perspectives. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 2008, 9(3), 210-220 pp.
- (64) ALFORD, E., PILON-SMITH, E. y PASCHKE, M. Metallophytes - a view from the rhizosphere. *Plant and Soil*, 2010, 337, 33-50 pp.

- (65) THANGAVEL, P. y SUBBHURAAM, C. Phytoextraction: role of hyperaccumulators in metal contaminated soils. Proceedings of the Indian National Science Academy, 2004, 70(1), 109-130 pp.
- (66) CAO, Y., y otros. Physiological and biochemical responses of *Salix integra* Thunb. Under copper stress as affected by soil flooding. Environmental Pollution, 2017, 225, 644-653 pp.
- (67) LADISLAS, S., y otros. Potential of aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in urban stormwater runoff. Water, Air, & Soil Pollution, 2012, 223, 877-888 pp.
- (68) PADMAVATHIAMMA, P. y LI, L. Phytoremediation technology: hyperaccumulation metals in plants. Water Air and Soil Pollution, 2007, 184(1), 105-126 pp.
- (69) WILSON, B. y PYATT, F. Heavy metal bioaccumulation by the important food plant, *Olea europea L.*, in an ancient metalliferous polluted area *Cyprus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 2007, 78(5), 390-394 pp.
- (70) ZACCHINI, M., y otros. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water, Air, and Soil Pollution, 2009, 197, 3-34 pp.
- (71) BERNAL, M., CLEMENTE, R. y WALKER, D. The role of organic amendments in the bioremediation of heavy metal-polluted soils. New York: Science Publishers Inc., 2007.
- (72) WALKER, D., CLEMENTE, R. y BERNAL, M. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album L.* in a soil contaminated by pyritic mine waste. Chemosphere, 2004, 57(3), 215-224 pp.
- (73) SIMS, J. y PIERZYNSKI, G. Assessing the impacts of Agricultural, Municipal, and Industrial by-products on soil quality. Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-Products, 2000, 6.
- (74) BEESLEY, L., y otros. Assessing the influence of compost and biochar amendments on the mobility and toxicity of metals and arsenic. Environmental Pollution, 2014, 186, 195-202 pp.
- (75) BURTON, C. y TURNER, C. *Manure management: treatment strategies for sustainable agriculture*. Editions Que., 2003. ISBN: 0953128261.
- (76) VAN GESTEL, C. y VAN DIS, W. The influence of soil characteristics on the toxicity of four chemicals to the earthworm *Eisenia fetida andrei (Oligochaeta)*. Biology and Fertility of Soils, 1988, 6, 262-265 pp.


- (77) SHUMAN, L. Effect of organic waste amendments on zinc adsorption by two soils. *Soil Science*, 1999, 164(3).
- (78) KHAN, M., y otros. Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. *Science of the Total Environment*, 2017, 601, 1591-1605 pp.
- (79) ASHWORTH, D. y ALLOWAY, B. Influence of dissolved organic matter on the solubility of heavy metals in Sewage-Sludge-Amended soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2008, 39(4).
- (80) BOLAN, N., y otros. Adsorption, complexation, and phytoavailability of copper as influenced by organic manure. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2003, 22(2), 450-456 pp.
- (81) SCHWAB, P., ZHU, D. y BANKS, M. Heavy metal leaching from mine tailings as affected by organic amendments. *Bioresource Technology*, 2007, 98(15), 2935-2941 pp.
- (82) BOLAN, N., y otros. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils - To mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials*, 2014, 266, 141-166 pp.
- (83) ROMOLEROUX, K., y otros. *Plantas vasculares de los bosques de Polylepis en los páramos de Oyacachi*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019. ISBN: 978-9978-77-273-7.
- (84) NATURALISTACO [En línea]. Ortiga blanca, 2010. Disponible en: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/53315-Urtica-urens>.
- (85) DÍAZ, M. Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.
- (86) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Glosario de términos sitios contaminados*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental, 2016.
- (87) FRTR [En línea]. Soil flushing. Federal Remediation Technologies Roundtable, 1999 [fecha de consulta: 04 de marzo de 2023]. Disponible en: http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_8.html.
- (88) SON, A., y otros. Chemical and ecotoxicity assessment of PAH-contaminated soils remediated by enhanced soil flushing. *Environmental Engineering Science*, 2003, 20(3).
- (89) BERNAL, T. *Metodología de la investigación*. México D.C.: Pearson, 2010.
- (90) CEGARRA, J. *Metodología de la Investigación científica y tecnológica*. Madrid: Díaz de Santos, 2004. ISBN: 84-7978-624-8.

- (91) ARROYO, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo: Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
- (92) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2010. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (93) STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Madrid: McGraw Hill, 1985.
- (94) SÁNCHEZ, H. y REYES, C. *Metodología y diseños de la investigación científica*. Lima: Anneth SRL, 2015.
- (95) RAMÍREZ, A. *Metodología de la investigación científica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2010.
- (96) TELLO, L., JAVE, J. y GUERRERO, J. Análisis de cuantificación de plomo en suelos de parques recreacionales de la ciudad de Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 2018, 17(1), 1-12 pp. ISSN: 1726-2216.
- (97) BAZÁN, T. *Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego*. Lima: Ministerio de Agricultura, 2017.
- (98) BALZARINI, M., y otros. *Infostat*. Argentina: Brujas, 2008.
- (99) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. *D.S. N° 011-2017-MINAM*. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2017.
- (100) NIETO, J., CATZIM, O. y TORRES, R. Detección de clorosis en las hojas de limón con análisis de color. *Universidad Autónoma de Tamaupilas*, 2017, 1(3), 10-18 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis del suelo y del estiércol.

Resultados del análisis inicial del suelo y del estiércol de vacuno:



RCJ
LABS UNIVERSAL

INFORME DE ENSAYO
RCJ-INFORME - 21-MA-0034

REV. 2.1

Página 1 de 1



A solicitud de	: MARVELIN AVILA PARSONA	Cantidad de Muestras	: 2
Por cuenta de	: MARVELIN AVILA PARSONA	Fecha de Recepción	: 27/09/2021
Tipo de muestra	: Suelo	Fecha de Ensayo	: Del 28/09/2021
Tipo de Análisis	: Reconocimiento		: Al 28/09/2021
Referencia	: Nota de Servicio		

Métodos : Absorción Atómica (AAS)

ID. Laboratorio	ID. Cliente	ELEMENTOS					
Elemento		Pb	Pb				
Método		AAS	AAS				
Unidad		%	ppm				
Límite de Cuantificación		0.01	0.001				
MA-21/00105	MO-01	0.02	198.80				
MA-21/00106	MO-02-MANTARO	0.26	2595.35				

NOTA DE ALMACENAJE:
 Pasado el plazo de almacenamiento de 90 días para venenosos o pulpas y 30 días para heces o grasas, se procederá a descartar. Favor no considerar esta información si se presentan instrucciones al inicio del servicio.


Huancayo, 28 de Setiembre de 2021

RCJ
 LABS UNIVERSAL
 ING. MIGUEL G. CALDERO ROMERO
 CIP N° 233781
 Representante Lab. Químico

RCJ LABS UNIVERSAL - Carretera Central KM. 8.5 Nº 525 San Agustín de Cajal - Teléfono: (064) 588-832 - www.rcjlabuniversal.com

Resultados del análisis final del suelo:



RCJ
LABS UNIVERSAL

INFORME DE ENSAYO
RCJ-INFORME - 21-MA-0043

REV. 2.1

Página 1 de 1



Acreditado de	: DANARIS ESTHER ASTO ARIAS	Cantidad de Muestras	: 15
Por cuenta de	: DANARIS ESTHER ASTO ARIAS	Fecha de Recepción	: 00/11/2021
Tipo de muestra	: Suelo	Fecha de Ensayo	: Del 00/11/2021
Tipo de Análisis	: Reconocimiento		: Al 10/11/2021
Referencia	: Nota de Servicio		

Métodos : Absorción Atómica (AAS)

ID. Laboratorio	ID. Cliente	ELEMENTOS					
Elemento		Pb	Pb				
Método		AAS	AAS				
Unidad		%	com				
Límite de Cuantificación		0.01	0.001				
MA-21/00132	T0-A	0.28	2775.418				
MA-21/00134	T0-B	0.26	2665.528				
MA-21/00135	T0-C	0.27	2681.388				
MA-21/00136	T1-A	0.24	2410.156				
MA-21/00137	T1-B	0.25	2500.907				
MA-21/00138	T1-C	0.25	2460.054				
MA-21/00139	T2-A	0.27	2668.260				
MA-21/00140	T2-B	0.26	2630.350				
MA-21/00141	T2-C	0.28	2834.056				
MA-21/00142	T3-A	0.26	2594.340				
MA-21/00143	T3-B	0.26	2584.579				
MA-21/00144	T3-C	0.25	2473.161				
MA-21/00145	T4-A	0.24	2422.187				
MA-21/00146	T4-B	0.25	2488.226				
MA-21/00147	T4-C	0.27	2665.085				

NOTA DE ALMACENAJE:
Pasado el plazo de almacenamiento de 90 días para resacas o pulpas y 30 días para Rechazos o grosas, se procederá a descartar. Favor no considerar esta información si se presentan instrucciones al inicio del servicio.

Huancayo, 10 de Noviembre de 2021

ING. MÓNICA G. CORDERO ROMERO
CIP N° 233781
Responsable Lab. Químico

RCJ LABS UNIVERSAL - Carretera Central KM. 8.0 Nº 505 San Agustín de Cajao - Teléfono: (054)588-802 - www.rcjlabsonline.com

Resultados del análisis final de Pb en la planta:



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : MAVELIN CINTHIA AVILA PARIONA
PROCEDENCIA : JUNÍN HUANCAYO/ EL MANTARO
MUESTRA : HOJAS DE ORTIGA
REFERENCIA : H.R. 75858
BOLETA : 4929
FECHA : 21/12/2021

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
2671	T1	356.25
2672	T2	324.50
2673	T3	272.25
2674	T4	174.50

 Sr. Constantino Calderín Mendoza
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Tel.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: lab_suelo@lamolina.edu.pe

Resultado del análisis fisicoquímico de suelo:



SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS

Teléfonos: 24-6206 y 24-7011

NOMBRE	: ASTO DAMARIS		
LUGAR	: MANTARO-JAUJA-JUNIN	PREDIO	: MUESTRA 01
		380-2021	Agosto 2021
		N° Correlativo laboratorio	Fecha de análisis

RESULTADOS DE ANALISIS										
8.00	2.81	9.62	273.38	0.00	0.14	TEXTURA				
pH	M.O	P	K	Al	N	59.8	14.4	25.8	Tipo de suelo	
	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)	(%)	(%)	(%)	FRANCO-ARENOSO	

INTERPRETACIÓN DE ANALISIS						
pH				BAJO	MEDIO	ALTO
Fuertemente ácido	< 5.5			Nitrógeno (N)	X	
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0			Fósforo (P)	X	
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5			Potasio (K)		X
Neutro	7			Al (me/100 gr)		
Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8			M.O. (%)	X	
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4	X				
Fuertemente alcalino	> 8.5					

Anexo 2. Escalas de la interpretación de datos de suelos (*).

Grupos texturales

Símbolo	Grupo	Textura
G	Gruesa	Arena (A)
		Arena Franca (AF)
MG	Moderadamente Gruesa	Franco Arenosa (FA)
M	Media	Franca (F)
		Franca Limosa (FL)
		Limo (L)
MF	Moderadamente Fina	Franco Arcillosa (FAr)
		Franco Arcillo Arenosa (FArA)
		Franco Arcillo Limosa (FArL)
F	Fina	Arcillo Arenosa (ArA)
		Arcillo Limosa (ArL)
		Arcilla (Ar)

Reacción del suelo (pH)

Rangos	Clases
Menos de 3.5	Ultra ácido
3.6 - 4.4	Extremadamente ácido
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido
5.6 - 6.0	Moderadamente ácido
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino
Más de 9.0	Muy fuertemente alcalino



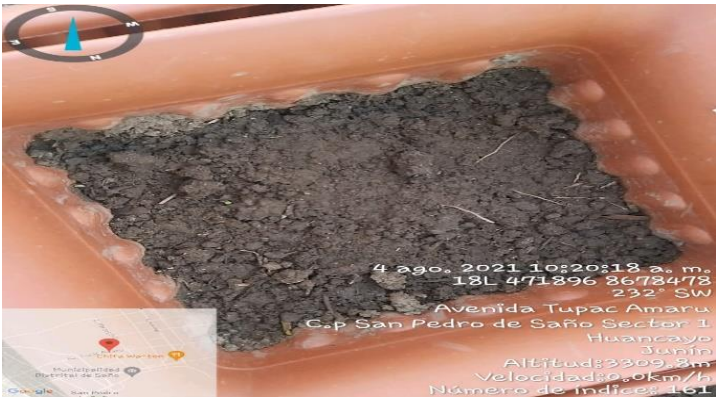
Parámetros que definen la fertilidad del suelo

Nivel	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)
Bajo	Menor de 2	Menor de 0.1	Menor de 7	Menor de 100
Medio	2 - 4	0.1 - 0.2	7 - 14	100 - 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 0.2	Mayor de 14	Mayor de 240

*Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

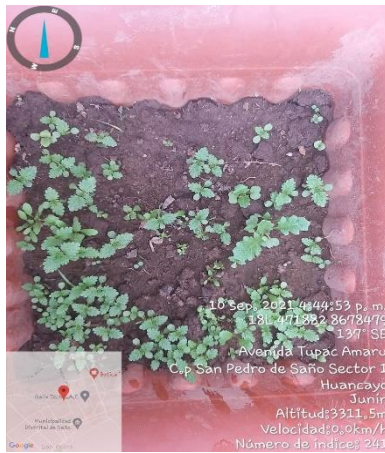
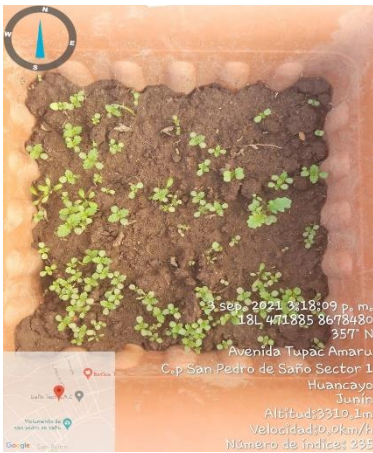
Anexo 3. Galería fotográfica.

CONTROL, DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LA PLANTA ORTIGA *URTICA URENS L.*

<p>INICIO:29/07/2021</p> <p>SEMBRIO:</p>	<p>DESCRIPCION DE LA IMAGEN</p>
 <p>29 Jul, 2021 4:26:22 p. m. 18L 471888 8678478 353° N Avenida Tupac Amaru C.p San Pedro de Saño Sector 1 Huancayo Junín Altitud:3314.2m Velocidad:0.0km/h Número de índices: 149</p>	<ul style="list-style-type: none"> Siembra de las semillas de <i>Urtica urens</i> L., (0.5 gramos), por cada tratamiento T0, T1, T2, T3, T4 con 3 repeticiones.
 <p>1 ago. 2021 1:02:28 p. m. 18L 471887 8678474 346° N Avenida Tupac Amaru C.p San Pedro de Saño Sector 1 Huancayo Junín Altitud:3306.2m Velocidad:0.0km/h Número de índices: 156</p>	<ul style="list-style-type: none"> Instalación y acondicionamiento del experimento compuesto por un TESTIGO y 4 tratamientos con 3 repeticiones por cada uno, haciendo un total de 15 macetas instaladas.
 <p>4 ago. 2021 10:20:18 a. m. 18L 471896 8678478 232° SW Avenida Tupac Amaru C.p San Pedro de Saño Sector 1 Huancayo Junín Altitud:3309.2m Velocidad:0.0km/h Número de índices: 161</p>	<ul style="list-style-type: none"> Al cuarto día, con fecha de 04/08/2021, de haber iniciado el sembrío, se observó el proceso de germinación en los tratamientos.



- A los 23 días, con fecha de 20/08/2021, las planta empezó con el proceso de germinación con 2 hojas.



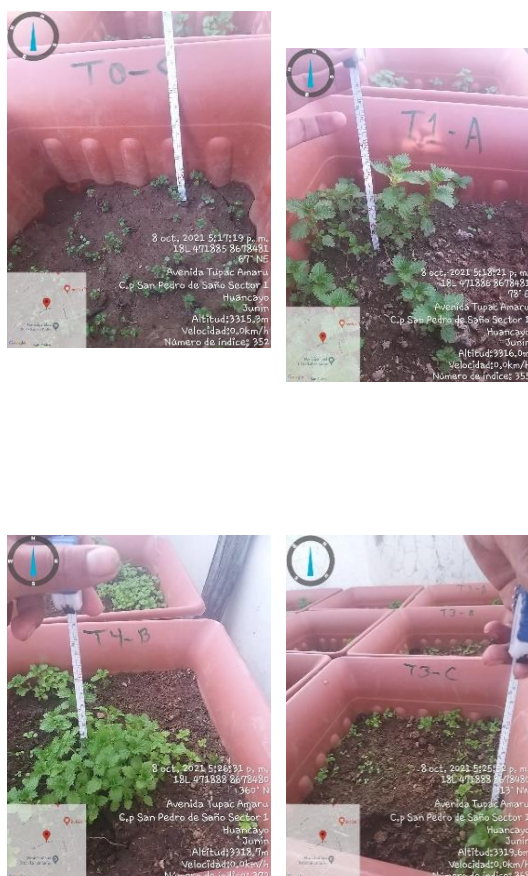
- A los 41 días, con fecha 09/09/2021, se observó el crecimiento y desarrollo de las plantas con 6 hojas.



- A los 53 días, con fecha 17/09/2021, se observó el desarrollo y crecimiento de las plantas de *Urtica urens* L., en la que no se dan de manera uniforme en todos los tratamientos.
- A los 53 días en T0 (testigo), se observó que hay mayor población que en los demás tratamientos.



- A dos meses, con fecha 24/09/2021, de haberse iniciado el sembrío, se observó el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Se observó que en el tratamiento T1-B, una mayor población de *Urtica urens L. a* diferencia de los demás tratamientos.
- A los dos meses, se observó que en el T0 (testigo), su crecimiento de las plantas *Urtica urens L.*, es lento.



- A los 71 días, con fecha 08/10/2021, se realizó la medición de altura de las plantas *Urtica urens L.* por cada tratamiento, la cual las medidas se detallan en el siguiente cuadro:

CRECIMIENTO DE CULTIVOS DE ORTIGA

	MEDIDA PROMEDIO	T0	T1	T2	T3	T4
1° A	PEQUEÑO	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm
	MEDIANO	2.0 cm	4.0 cm	5.0 cm	2.0 cm	2.0 cm
	GRANDE	3.0 cm	10.0 cm			3.0 cm
2° B	PEQUEÑO	1.5 cm	1.0 cm	2.5 cm	1.0 cm	1.0 cm
	MEDIANO	2.0 cm	3.0 cm	8.0 cm	2.0 cm	2.0 cm
	GRANDE		8.0 cm			4.0 cm
3° C	PEQUEÑO	1.0 cm	2.0 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm
	MEDIANO	2.0 cm	7.5 cm	2.0 cm	2.0 cm	2.0 cm
	GRANDE	2.5 cm				

- Se evidencia que la altura de las plantas varía y no es uniforme en todos los tratamientos.



- A los 79 días, con fecha 15/10/2021, se evidenció el crecimiento lento y la mortalidad de algunas plantas de *Urtica urens L.* en el TESTIGO (T0).
- También se evidenció que en el TRATAMIENTO T1 (A, B), existe mayor población de *Urtica urens L.*



- A los 89 días, con fecha 25/10/2021, se realizó la medición de la altura de las plantas *Urtica urens L.*, que se detalla en el siguiente cuadro:

	MEDIDA PROMEDIO	T0	T1	T2	T3	T4
1°	PEQUEÑO	1.0 cm	4.0 cm	5.0 cm	3.0 cm	1.0 cm
	MEDIANO	1.5 cm	10.0 cm	7.0 cm	5.0 cm	5.0 cm
	GRANDE	2.5 cm	11.0 cm	15.0 cm	13.0 cm	13.0 cm
2°	PEQUEÑO	1.0 cm	4.5 cm	4.0 cm	4.5 cm	1.5 cm
	MEDIANO	1.5 cm	6.0 cm	5.0 cm	6.0 cm	4.5 cm
	GRANDE	2.0 cm	14.5 cm	15.0 cm	12.0 cm	9.0 cm
3°	PEQUEÑO	0.5 cm	5.0 cm	0.5 cm	1.5 cm	5.0 cm
	MEDIANO	1.0 cm	6.0 cm	1.5 cm	4.0 cm	7.0 cm
	GRANDE	1.5 cm	8.0 cm	2.0 cm	10.5 cm	12.0 cm

- Mediante el desarrollo de la planta a los 89 días, la planta mostró amarillamiento en la hojas y tallo, a causa de deficiencia de nitrógeno, elemento fundamental que participa en la clorofila, asimismo resulta que la planta llega a necrosis y muerte definitiva de la planta.



- A los 102 días, con fecha 07/11/2021, se realizó la medición de la altura de las plantas *Urtica urens L.*, que se detalla en el siguiente cuadro:

	MEDIDA PROMEDIO	T0	T1	T2	T3	T4
1° A	PEQUEÑO	0.0 cm	6.0 cm	6.0 cm	4.5 cm	2.0 cm
	MEDIANO	0.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	6.0 cm	5.0 cm
	GRANDE	0.0 cm	13.0 cm	18.0 cm	14.0 cm	16.0 cm
2° B	PEQUEÑO	0.0 cm	5.0 cm	6.6 cm	5.5 cm	2.0 cm
	MEDIANO	0.0 cm	8.0 cm	8.5 cm	8.0 cm	6.0 cm
	GRANDE	0.0 cm	16.0 cm	17.0 cm	14.0 cm	11.0 cm
3° C	PEQUEÑO	0.0 cm	4.0 cm	0.5 cm	2.5 cm	6.0 cm
	MEDIANO	0.0 cm	7.0 cm	1.5 cm	6.0 cm	9.0 cm
	GRANDE	0.0 cm	10.0 cm	3.0 cm	13.0 cm	18.0 cm

- A los 102 días, con fecha 07/11/2021, se observó en el testigo T0 que las plantas de ortiga *Urtica urens L.*, se necrosaron y presentaron muerte definitiva.
- Se observó en el testigo T0, que la *Urtica urens L.* germino al 90 % de las plantas y llegando a desarrollarse de 2 a 3 cm de altura no completando su desarrollo y pasado los 89 días mostró amarillamiento probablemente la muerte de las plantas en el T0, ocurrió por la clorosis, ya que en las hojas y el tallo de la planta se observó la necrosidad y la muerte definitiva de las plantas en el T0 en las 3 repeticiones.
- La clorosis de las plantas es un problema que condiciona el desarrollo de los cultivos en suelos perjudicando el desarrollo de la planta y en casos severos causa la muerte de la misma (100).

*T1: Testigo Estiércol vacuno (0 %) + 5 kg suelo contaminado con Pb.

*T2: Estiércol vacuno (5 %) + 4.75 kg suelo contaminado con Pb.

*T3: Estiércol vacuno (10 %) + 4.50 kg suelo contaminado con Pb.

*T4: Estiércol vacuno (15 %) + 4.25 kg suelo contaminado con Pb.

*T5: Estiércol vacuno (20 %) + 4.00 kg suelo contaminado con Pb

Fotografías 1 y 2: Muestreo de suelo agrícola del distrito de El Mantaro - Jauja:



Fotografía 3: Pesado de estiércol de vacuno:



Fotografía 4: Tamizado y homogenización de la muestra:



Fotografía 5: Selección de muestra por el método de cuarteo:



Fotografía 6: Preparación de muestra con estiércol en macetas:



Fotografía 7: Muestras iniciales de suelo:



Fotografía 8: Pesado y sembrado de semillas *Urtica urens* L.:



Fotografía 9: Instalación de maceteros con muestras:



Fotografía 10: Crecimiento de la *Urtica urens* L.:



Fotografía 11: Retiro de malezas:



Fotografía 12: Control de crecimiento de plantas *Urtica urens* L.:



Fotografías 13 y 14: Cosecha de *Urtica urens* L.:



Fotografía 15: Muestras finales de suelo:



Fotografía 16: Muestras de *Urtica urens* L.:

