



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Determinación del nivel de absorción de seis metales pesados utilizando *Lolium perenne* en el suelo impactado por minería en Paredones – Cajamarca 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autores:

Karina Alexandra Chávez Lazo  
Betty Tatyana Polo Becerra

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1. Realidad problemática .....	9
1.1.3. Bases Teóricas .....	14
1.2. Formulación del problema .....	22
1.3. Objetivos .....	23
1.4. Hipótesis .....	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	25
2.1. Ubicación.....	25
2.2. Tipo de investigación.....	26
2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	28
2.5. Procedimiento .....	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	34
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	58
REFERENCIAS .....	69
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo Agrícola Cajamarca – mina Paredones .....	34
Tabla 2: Concentración de metales pesados de la Muestra patrón suelo contaminado- mina Paredones.....	36
Tabla 3: Resultados de Análisis de agua para el regado de las plantas en tratamiento. ....	38
Tabla 4: Resultado del tratamiento monitoreo 1 .....	39
Tabla 5: Resultado del tratamiento monitoreo 2. ....	41
Tabla 6: Resultado del tratamiento monitoreo 3. ....	42
Tabla 7: Comparación de Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental.....	45
Tabla 8: Comparación de Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental .....	45
Tabla 9: Comparación de Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental .....	46
Tabla 10: Comparación de Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental .....	47
Tabla 11: Comparación de Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental.....	48
Tabla 12: Comparación de Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental.....	48
Tabla 13: Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte Aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	49
Tabla 14: Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> .....	50
Tabla 15: Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	51
Tabla 16: Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	52
Tabla 17: Concentración de Talio (Tl) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	53
Tabla 18: Concentración de Zinc (Zn) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	54
Tabla 19: Movilización del Molibdeno (Mo) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . ....	55
Tabla 20: Movilización del Antimonio (Sb) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . ....	56
Tabla 21: Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . .	56
Tabla 22: Movilización del Titanio (Ti) del suelo hacia parte aérea de la planta <i>Lolium perenne</i> . .	57
Tabla 23: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	58
Tabla 24: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	59
Tabla 25: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	61
Tabla 26: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	62
Tabla 27: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	64
Tabla 28: Factor de Bioconcentración (BCF) .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica muestras de Paredones (Google Earth).....	25
Figura 2 Comparación del Arsénico (As) con los estándares de calidad ambiental.....	45
Figura 3 Comparación del Cadmio (Cd) con los estándares de calidad ambiental. ....	46
Figura 4 Comparación del Cobre (Cu) con los estándares de calidad ambiental. ....	47
Figura 5 Comparación del Plomo (Pb) con los estándares de calidad ambiental.....	47
Figura 6 Comparación del Talio (Tl) con los estándares de calidad ambiental. ....	48
Figura 7 Comparación del Zinc (Zn) con los estándares de calidad ambiental.....	49
Figura 8 Concentración de Arsénico (As) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> .....	50
Figura 9 Concentración de Cadmio (Cd) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	51
Figura 10 Concentración de Cobre (Cu) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	52
Figura 11 Concentración de Plomo (Pb) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> .....	53
Figura 12 Concentración de Talio (Tl) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> .....	54
Figura 13 Concentración de Zinc (Zn) en el T 2 en la parte aérea del <i>Lolium perenne</i> . ....	55
Figura 14 Factor de bioconcentración del Arsénico (As).....	58
Figura 15 Factor de bioconcentración del Cadmio (Cd). ....	60
Figura 16 Factor de bioconcentración del Cobre (Cu). ....	61
Figura 17 Factor de bioconcentración del Plomo (Pb).....	63
Figura 18 Factor de Bioconcentración del Talio (Tl).....	64
Figura 19 Factor de bioconcentración del Zinc (Zn).....	66
Figura 20 Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.....	77
Figura 21 Zona de extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones.....	77
Figura 22 Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones .....	78
Figura 23 Extracción de muestras de suelo contaminado - Mina Paredones. ....	78
Figura 24 Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.....	79
Figura 25 Muestreo de agua en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.....	79
Figura 26 Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento.....	80
Figura 27 Extracción del suelo Agrícola para el tratamiento. ....	80
Figura 28 Tratamiento 1 que representa al 100% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i> . ....	81
Figura 29 Tratamiento 2 que representa al 25% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i> . ....	81
Figura 30 Tratamiento 3 que representa al 50 % de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i> .....	82
Figura 31 Tratamiento 4 que representa al 75% de suelo Agrícola con el trasplante del <i>Lolium perenne</i> . ....	82

Figura 32 Tratamiento 5 que representa al 100% de suelo Contaminado con el trasplante del <i>Lolium perenne</i> .....	82
Figura 33 Tratamientos después de 45 días para hacer el corte de la planta.....	83
Figura 34 Entrega del primer envío de muestras al Laboratorio SAG. ....	84
Figura 35 Entrega de muestras del primer envío al laboratorio SAG. ....	84
Figura 36 Entrega de muestras al laboratorio SAG.....	85
Figura 37 Repetimos el tratamiento para hacer el segundo envío de muestras.....	85
Figura 38 Tratamientos listos para hacer el segundo envío después de 45 días.....	86
Figura 39 Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG. ....	86
Figura 40 Entrega de muestras del segundo envío al Laboratorio SAG. ....	87
Figura 41 Nuevamente Tratamientos listos para hacer el corte para el tercer envío.....	87
Figura 42 Corte para el envío al laboratorio.....	88
Figura 43 Como podemos observar el Tratamiento 5 no ha crecido, por lo que hicimos solamente un corte en el tercer envío. ....	88
Figura 44 Resultados de Cianuro Libre de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada. ....	89
Figura 45 Resultados del barrido de Metales de la Muestra Patrón y la Muestra Contaminada. ....	90
Figura 46 Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.....	91
Figura 47 Resultados del primer envío de muestras del Laboratorio S.A.G.....	92
Figura 48 Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G. ....	93
Figura 49 Resultados del segundo envío de muestras del Laboratorio S.A.G. ....	94
Figura 50 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G. ....	95
Figura 51 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G. ....	96
Figura 52 Resultados del tercer envío de muestras del Laboratorio S.A.G. ....	97
Figura 53 Cadena custodia del envío de muestras de suelo agrícola y suelo contaminado. ....	98
Figura 54 Cadena custodia del primer envío de muestras de tejido vegetal. ....	98
Figura 55 Cadena custodia del segundo envío de muestras de tejido vegetal.....	99
Figura 56 Cadena custodia del tercer envío de muestras de tejido vegetal.....	99

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad la determinación del nivel de absorción de metales pesados en el componente suelo impactado por la minería, utilizando la especie fitoextractora *Lolium perenne* que contribuirá a la remediación de suelos. Dicho tratamiento que se llevó a cabo de manera ex situ, durante 5 meses, estableciendo 3 monitoreos, cada uno al término de los 45 días, tiempo en el cual la especie vuelve a crecer y formar follaje que capture y remueva los metales pesados llevados desde la raíz a la parte aérea de la planta, tejido vegetal que se sometió al método EPA Method 2003, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 2007, Rev.4.4. EMMC Versión 1994. Dicho suelo mostró altas concentraciones de Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Talio (Tl) y Zinc (Zn) superando los ECAs según el D.S N°011-2017-MINAM que fueron absorbidos por el *Lolium perenne* con un promedio del factor de bio concentración de 0.04 mg/kg para el Arsénicos (As), 0.05 mg/kg para el Cadmio (Cd), 0.3 mg/kg para el Cobre (Cu), 0.05 mg/kg para el Plomo (Pb), 0.3 mg/kg para el Talio (Ti) y 0.09 mg/kg para el Zinc (Zn) .

**Palabras clave:** *Lolium perenne*, metales pesados, fitoextracción, bioacumulación, biodisponibilidad.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Acosta, A. (2016). *Metal hyperaccumulation in plants. All you need is Biology*. Catalan:  
<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2016/12/10/plantashiperacumuladoras-de-metales-pesados/>.
- Alloway, B. J. (1995). *Estudio de la movilización de metales*.  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11>.
- Alloway, B. J., & Jackson, A. (1991). En *El comportamiento de los metales pesados en aguas residuales lodosa suelos La ciencia del medio ambiente total* (págs. 100, 151-176).
- Alvarenga, P. G.-Q. (2009). *Residuos orgánicos como agentes inmovilizadores en la fitoestabilización asistida: (I) Efectos sobre las características químicas del suelo. Quemosfera*. 74; 1292-1300.
- Alvarez. (2018). *Concepto de pH. Equipo de Redacción de Concepto. Argentina* .  
<https://concepto.de/ph/>.
- Aramburo, A. M., & Olaya, I. (2012). *Problemática de los pasivos ambientales en Colombia*. Medellín, Colombia.
- Arienzo, M., Adamo, & Cozzolino, V. (2004). El potencial de *Lolium perenne* para la revegetación de Suelo contaminado de un sitio metalúrgico. *La ciencia del ambiente total*. Italia.
- Baker, A. (1981). *Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals*. 31 de diciembre del 2012.
- Balasko, J., & Evers, G. a. (1995). *Bluegrasses, ryegrasses and bentgrasses*. Barnes, R.; Miller, D. and Nelson, C. (Eds). Forages. Vol 1. and Introduction to Grassland Agriculture. Iowa State University. Press. Ames, IA pp:357-372.



- Barcelo, J., & Poschnrieder, C. M. (1992). *Hiperacumulación de metales*. Barcelona: file:///C:/Users/MAJUDAMA/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/dbb45a05-b30c-4f24-bce9-a9785f22e033/124-242-1-SM.pdf.
- Bidar, G. C. (2009). Variaciones estacionales y anuales de la absorción de metales, la bioacumulación y la toxicidad en *Trifolium repens* y *Lolium perenne* crecen en un gran volumen. Campo contaminado con metales. *Environ Sci Pollut Res*.
- Burga, H. (2009). *Agricultura Orgánica de la FAO*. <https://boletinagrario.com/ap-6,resiliencia+del+suelo,5028.html>.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*. [https://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/index.html](https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html).
- Chagua, O. R., & Tardío, O. J. (2015). *EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE COBRE Y ZINC POR Tarma- Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1939/Chagua%20Orosco%20-%20Tardio%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chira, J. (2011). *Biodisponibilidad de metales pesados en la determinación del impacto ambiental*. <https://es.slideshare.net/ingemmet/biodisponibilidad-de-metales-pesados-en-la-determinacin-del-impacto-ambiental>.
- Cordero, C. J. (2015). *Fitorremediación In Situ para la Recuperación de Suelos Contaminados por Metales Pesados (Plomo y Cadmio) y Evaluación de Selenio en la Finca Furatena alta en el Municipio de útica*. Bogotá: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediaci%C3%B2n%20in%20situ%20para%20la%20remoci%C3%B2n%20de%20metales%20pesados%](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediaci%C3%B2n%20in%20situ%20para%20la%20remoci%C3%B2n%20de%20metales%20pesados%20)

20%28plomo%20y%20cadmio%29%20y%20evaluaci%C3%B2n%20de%20sel.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Creswell. (2009). *Investigacion cuantitativa*. <https://es.slideshare.net/saza28/investigacion-cuantitativa-65191545>.

Delgadillo, L. A. (2011). *Fitorremediación*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>.

Deng, H., & Wong, Z. Y. (2004). “*Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China*”. China.

Díaz, & Medina. (2017). *Contaminación en suelo y flora por metales pesados en la zona de relaveras de la ex Mina Paredones-San Pablo*. Cajamarca-Perú.

Durán, C. P. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. Barcelona: TESIS.pdf.

García. (2009). *Fitotoxicidad*. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a14.pdf>.

García, & Dorronsoro, &. (2002). *Contaminación por metales pesados. Departamento de edafología y química agrícola de España*. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=292921&pid=S1726-2216200600010002000010&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=292921&pid=S1726-2216200600010002000010&lng=es).

Graña, F. (2007). *Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*. <http://www.exploradores.org.pe/mineria/que-es-la-mineria.html>.

Gunawardana, B., Singhal, N., & Johnson, A. (2010). Enmiendas y su aplicación combinada para mejorar Cobre, cadmio, captación de plomo por *Lolium perenne*. Suelo vegetal. Auckland, Nueva Zelanda.

- Gutierrez, G. M., Hernández, A., & Pastor, J. (2011). *Estudio Del Comportamiento de Lolium Perenne L. en Suelos del Centro de España Contaminados por Metales Pesados*. Madrid-España: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/80724/1/pastorypG2011490.pdf>.
- Hannaway, D. F. (1999). *Reygrass Perenne*. . Washington, Estados Unidos. : Osu. Pp2, 4,10.
- Hemen, S. (2011). *Metal hyperaccumulation in plants: A Review focusing on phytoremediation technology*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Planta\\_hiperacumuladora](https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_hiperacumuladora).
- Hernández. (2005). *Producción de la asociación Lolium perenne L, Festuca arundinacea y Dactylis glomerata con y sin Trifolium repens en un andisol de la novena región*. Tesis Ing. Agron. (On line) Temuco.: Universidad de la Frontera. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. 59p.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2010). Metodología de la Investigación Quinta Edición. Mexico: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Junkang, G., Renwei, F., Yongzhen, D., & Ruigang, W. (2014). *Aplicación de dióxido de carbono, fomento del crecimiento de las plantas Rhizobacterium y EDTA pueden mejorar la eficiencia de la fitorremediación del ryegrass en un suelo Contaminado con zinc, arsénico, cadmio y plomo*. Revista de Gestión Ambiental 141. 1.
- Kloke, A. D. (1994). *Study of the Transfer Coefficient of Cadmium and Lead in Ryegrass and Lettuce*. Berlin.
- López, G. J. (1998). *Untitled Document*. <https://www.mendozaconicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/Bioac.htm>.
- López, H. (1996). Especies forrajeras mejoradas. En In: Ruiz, I. (ed). *Praderas para Chile*. 2 ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. (págs. 41-108.). Santiago, Chile. .

- Manzano Gutiérrez, R. (2013). *Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados*. Madrid: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/660300/manzano\\_gutierrez\\_rebeca.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/660300/manzano_gutierrez_rebeca.pdf?sequence=1).
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). *Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de Metales Pesados en el Juncus Arcticus Willd. y Cortadería Rudiusscula Stapf de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental Minero Alianza*. Ancash: [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis\\_Medina\\_y\\_Montano\\_2014.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Medina_y_Montano_2014.pdf).
- Mendoza, P. (2003). *Contaminación del suelo*. <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/suelo/>.
- Mentaberry, A. (2011). *Fitorremediación. Argentina: Facultad de ciencias exactas y naturales*. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM\\_fitorremediacion\\_argentina\\_25620.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf).
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>.
- Ministerio del Ambiente, M. (2008). *Pasivos Ambientales*. [http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=387&Itemid=3724](http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=387&Itemid=3724).
- Ministerio, Energía, d., & Minas. (2020). *R.M. N° 238-2020-MINEM/DM Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/REGISTROS/PASIVOS/RM%20238-2020-MNEM-DM.pdf>.

- Mnisterio, Energía, d., & Minas. (2006). *R.M. N° 290-2006-MEM/DM Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. <http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-rm290-2006-mem-dm-zwzhe6zo081z3ez.pdf>.
- Nakmatsu, V., Ciano, N., & Luque, J. (2016). *Adaptación de especies vegetales nativas a suelos contaminados con hidrocarburos*. Argentina: <http://argentinambiental.com/notas/informes/adaptacion-especies-vegetales-nativas-suelos-contaminados-hidrocarburos/>.
- Pagnanelli, e. a. (2004). *Estudio de la movilización de metales pesados*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11>.
- Paiva, P. G. (2015). *Fitorremediación de Suelos Contaminados con Plomo utilizando *Amaranthus spinosus* – *Amaranthaceae**. Arequipa: <https://core.ac.uk/download/pdf/54222620.pdf>.
- Peris, M. M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de castellón. Tesis doctoral. Universidad de Valencia Servei de Publicacions. John Wiley & Sons, Chischester*. Valencia: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9504/peris.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1loi2Nr2eUdm4Jkhsf9qFTyhFB7JhcVaKuqTDXZnDL4ceujcTwg1w29Dg>.
- Riffo, E. C. (2016). *Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne*. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1020/Carol%20Riffo%20Estay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Romero, & Galán. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. España: [http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf).

- Ross, S., & Kaye, K. (1994). *El significado de la toxicidad de los metales en los sistemas de plantas del suelo. Metales tóxicos en sistemas suelo-planta.*
- Saavedra, T. A. (2018). *Factor de bioconcentración y traslocación de especies altoandinas para suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de MESAPATA, en condiciones de invernadero, 2015 - 2016. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.*
- Santibáñez, C. C. (2008). En *Fitoestabilización de relaves de cobre con biosólidos: Implicaciones para la captación de metal y la productividad de Lolium perenne.* (págs. Sci. Entorno total. 395, 1–10.).
- Sauquillo, e. a. (2003). *Estudio de la movilización de metales pesados.*  
[https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11.](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11)
- Schlatter, J., & Grez, R. V. (2003). *Manual para el reconocimiento de suelos.* Chile: Facultad de Ciencias Forestales.
- Solano, M. A. (2005). *Capítulo VIII Estudio de la movilización de metales pesados.*  
[https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11.](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm11de16.pdf?sequence=11)
- Stevenson. (1989). *Programa de Gestión y conservación del suelo.* Portugal:  
[https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/GCSP/GCSL4CEOtros%20Cont.htm.](https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/GCSP/GCSL4CEOtros%20Cont.htm)
- Suelo Agrícola. (2015). *Metales pesados en los cultivos.* Lima:  
[http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/6\\_metales\\_pesados\\_cultivos.pdf.](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf)
- Vullo, D. (2003). *Microorganismos y Metales Pesados: Una Interacción en Beneficio del Medio Ambiente.* Química Viva: [https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf.](https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf)
- Walton, P. (1983). *Production and management of cultivated forages.* Reston Publication Co., Inc. Reston, VA 48 p.

Yanacocha. (2018). *CATEGORY ARCHIVES: OPERACIONES*. Cajamarca:

<http://www.yanacocha.com/category/operaciones/>.