

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“COMPARACIÓN DE ESPECIES VEGETALES
CON CAPACIDAD FITORREMIADORA PARA
EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS
CON METALES PESADOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Merilyn Yolanda Fernandez Romero
Gloria Rosa Chirinos Chumbimuni

Asesor:

Mg. Kelly Milena Polo Herrera
<https://orcid.org/0000-0002-4833-2157>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Erick Humberto Rabanal Chávez	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Carlos Alberto Alva Huapaya	06672420
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Iselli Josylin Murga González	44362724
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Antecedentes	12
1.2.1. Antecedentes internacionales	12
1.2.2. Antecedentes nacionales	14
1.3. Base teórica	17
1.3.1. Fitorremediación	17
1.3.2. Metodologías de fitorremediación	19
1.3.3. Capacidad fitorremediadora de las plantas	21
1.3.4. Contaminación del suelo	22
1.3.5. Metales pesados	23
1.3.6. Movilización de los metales pesados en el suelo	23
1.3.7. Transporte de contaminantes inorgánicos	23
1.3.8. Estándares de calidad ambiental para suelo	24

1.4. Formulación del problema	25
1.5. Objetivos	25
1.5.1. Objetivo general	25
1.5.2. Objetivos específicos	25
1.6. Hipótesis	26
1.7. Justificación	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS	34
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	74
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Ventajas y desventajas de la fitorremediación</i>	18
<i>Tabla 2 Mecanismos de la fitorremediación</i>	21
<i>Tabla 3 Criterios de inclusión y exclusión</i>	31
<i>Tabla 4 Identificación de especies vegetales</i>	34
<i>Tabla 5 Caracterización de las especies identificadas</i>	38
<i>Tabla 6 Mecanismos de fitorremediación de las especies vegetales identificadas</i>	48
<i>Tabla 7 Cantidad de absorción de metales pesados en relación con la especie utilizada</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Procedimiento de selección de artículos</i>	32
Figura 2 <i>Cantidad de especies por tipo de planta identificadas en los artículos de investigación</i>	47
Figura 3 <i>Mecanismos de Fitorremediación más empleados en los estudios consultados de tratamiento de suelos con metales pesados</i>	53
Figura 4 <i>Principales especies vegetales identificadas según la cantidad de absorción de metales pesados (mg/kg)</i>	63

RESUMEN

La contaminación del suelo por metales pesados es un problema mundial que va en aumento, ocasionada mayormente por la actividad antrópica. Dentro de las tecnologías de remediación para esta problemática, la Fitorremediación surge como una alternativa eco-amigable y costo-efectiva. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo comparar las especies vegetales con capacidad fitorremediadora para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados. El presente trabajo se realizó mediante una investigación descriptiva de 35 artículos obtenidos en las bases de datos Redalyc, Scielo, Dialnet, Springer, Repositorios universitarios y Science Direct, las cuales cumplían con los criterios de inclusión de idioma, confiabilidad de la fuente y usos de palabras claves relacionadas con el tema. Como resultados, se determinó 62 especies vegetales, de las cuales las plantas herbáceas son las más utilizadas para estudios de fitorremediación; dentro de los tipos de mecanismos, la fitoextracción resulta ser muy efectiva, los metales con mayor porcentaje de remoción son el plomo, arsénico y el cadmio. Además, se concluye que en los últimos años se está teniendo una mayor preocupación por escoger tecnologías verdes y alcanzar una cultura sostenible en el tiempo.

PALABRAS CLAVES: *Especies vegetales, fitorremediación, contaminación del suelo, metales pesados, remediación.*

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Ackoff, R. (1953). *The design of social research*. Chicago: Universidad de Chicago.
- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. (1983) *Publication manual of the American Psychological Association*. Washington, D.C.: American Psychological Association. Tercera edición.
- Almagro, L., Segura-Reinaldos, A. M., Pedreño, M. A., & Bernal, M. P. (2015). Tolerancia y acumulación de metales pesados y As en diferentes especies de *Cistus* L. *In Anales de Biología* (37) , 143-153.<http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.37.16>
- Andina (2021). Áncash: identifican vegetales altoandinos capaces de descontaminar agua y suelos en nevados. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-ancashidentifican-vegetales-altoandinos-capaces-descontaminar-agua-y-suelos-nevados-843512.aspx>
- Angelova, V. R., Grekov, D. F., Kisyov, V. K., & Ivanov, K. I. (2015). Potential of lavender (*Lavandula vera* L.) for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 9(5), 522-529.
- Angelova, V. R., Ivanova, R. I., Todorov, J. M. y Ivanov, K. I. (2017). Potential of rapeseed (*Brassica napus* L.) for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(2), 468-478.
- Barandiaran, A., & Cederstav, A. (2002). *La Oroya Cannot Wait*. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Recuperado de https://aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/la_oroya_no_puede_esperar.pdf

- Bazán Galarreta, T. P., & Rojas Sánchez, D. (2018). Remoción de metales pesados con *juncus arcticus* y *urtica dioica* en un relave minero, Distrito Huamachuco-La Libertad. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33249>
- Becerra, A., Daga, C, Murialdo, R., Faggioli, V., Menoyo, E. y Salazar, J. (2021). Algas y Oyanobacteria presentes en la rizosfera de plantas acumuladoras de plomo. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 56(1), 3-16. <https://dx.doi.org/https://doi.org/110.31055/1851.2372.v56.n1.29317>
- Beltran, A., Erazo, C., Catagña, F. y Echeverria, M. (2019). Potencial de *Zantedeschia aethiopica* L. para la rehabilitación de suelos contaminados con cromo hexavalente en zonas alto andinas de Ecuador. *Acta Agronómica*, 68(2), 92-98.
- Bernal, F. (2014). Phyto-remediation in soils restoration: a general vision. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 245-258.
- Carpena, R. O. y Bernal, M. P. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista Ecosistemas*, 16(2).
- Castillo, L (2005) Tema 5 Análisis documental. Recuperado de <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>
- Chang, F. C., Ko, C. H., Tsai, M. J., Wang, Y. N., & Chung, C. Y. (2014). Phytoremediation of heavy metal contaminated soil by *Jatropha curcas*. *Ecotoxicology*, 23(10), 1969-1978.

- Chávez, L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20la%20contaminaci%C3%B3n,el%20pa%C3%ADs%20desde%20tiempos%20ancestrales.&text=En%20esta%20ciudad%2C%20desde%201922,%3A%20cobre%2C%20zinc%20y%20plomo>
- Cifuentes Morales, P., & Novillo Logroño, F. (2017). Uso de plantas de pepinillo (*Cucumis sativus*) para fitorremediar suelos contaminados con cromo. *Química Central*, 5(1), 69–76. <https://doi.org/10.29166/quimica.v5i1.1220>
- Corpus, M. (2018). Eficiencia de especies altoandinas como plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 2015-2016. Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3339>
- Covarrubias, S. y Peña Cabriales, J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, (33), 7-21. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Cunningham, S.D., Berti, W.R. y Huang, J.W. (1995). Phytoremediation of contaminated soils. *Trends Biotechnol.* (13), 393- 397.

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J.

R. y Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612

Dushenkov, V., Kumar, P. N., Motto, H., y Raskin, I. (1995). Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environmental science & technology*, 29(5), 1239-1245.

Eissa, M. A., y Roshdy, N. M. K. (2018). Nitrogen fertilization: effect on Cd-phytoextraction by the halophytic plant quail bush [*Atriplex lentiformis* (Torr.) S. Wats]. *South African journal of botany*, 115, 126-131.

Feng J, Lin Y, Yang Y, Shen Q, Huang J, Wang S, Zhu X, Li Z.(2018). Tolerance and bioaccumulation of Cd and Cu in *Sesuvium portulacastrum*. *Ecotoxicol Environ Saf.*;147:306-312. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.056. Epub 2017 Sep 14. PMID: 28858703.

Fernández, S., Poschenrieder, C., Marcenò, C., Gallego, J. R., Jiménez-Gámez, D., Bueno, A., & Afif, E. (2017). Phytoremediation capability of native plant species living on Pb-Zn and Hg-As mining wastes in the Cantabrian range, north of Spain. *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 10-20.<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.05.015>

Fumagalli, P., Comolli, R., Ferre, C., Ghiani, A., Gentili, R., y Citterio, S. (2014). The rotation of white lupin (*Lupinus albus* L.) with metal-accumulating plant crops: A strategy to increase the benefits of soil phytoremediation. *Journal of environmental management*, (145), 35-42.

- García, I., y Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados, En Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.
- Gascó, G. (2020). ¿Cómo utilizar plantas y estiércol para extraer minerales de los suelos contaminados? iresiduo. Recuperado de <https://iresiduo.com/blogs/gabriel-gasco-guerrero/como-utilizar-plantas-y-estiercol-extraer-minerales-suelos-contaminados>
- Ghadiri, S., Farpoor, M., & Hejazi Mehrizi, M. (2018). Phytoremediation of soils polluted by heavy metals using Vetiver grass and Tall Fescue. *Desert*, 23(1), 123-132. doi: 10.22059/jdesert.2018.66367
- Ghosh, M., y Singh, S. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1- 18.
- González, L. (2020). Fitorremediación a escala piloto de suelos contaminados con mercurio y cobre usando *Jatropha curcas L.* en zona minera el Alacrán. [Tesis de maestría, Universidad de Cordova]. Repositorio institucional- Universidad de Cordova.
- Guerrero Padilla, A. M., & Hoyos Cerna, M. (2015). Bioacumulación de plomo y cadmio en Brassica oleracea en SUBSP. CAPITATA (L.) METZG. Y Raphanus. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4344>
- Harvey P., Campanela B., Castro P., Harms H., Lichtfouse E., Schäffner A., Smrcek S., y Werck D. (2002). Phytoremediation of polyaromatic hydrocarbons, anilines and phenols. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* (9), 29-47.
- Hurtado, J. (2012). Metodología de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia (4a. ed.). Bogotá-Caracas: Ciea-Sypal y Quirón.

- Isern, M. T. I., & Soler, J. C. (1998). El uso de hipótesis en la investigación científica. *Atención primaria: Publicación oficial de la Sociedad Española de Familia y Comunitaria*, 21(3), 172-178.
- Jara, J. (2018). Desarrollo de una metodología de recuperación de suelos altamente contaminados con metales pesados utilizando remediación fisicoquímica y fitorremediación. [Tesis doctoral. Universidad de Andrés Bello]. Recuperado de http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/7954/a122072_Jara_J_Desarrollo%20de%20una%20metodologia%20de%20recuperacion%20de_2018_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y .
- Jara-Peña, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 21(2), 145-154. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9817> los jales de Huautla, Morelos. Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/1270> "
- Kumar, B., Smita, K., & Flores, L. C. (2017). Plant mediated detoxification of mercury and lead. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2335-S2342.
- Kumar, P. N., Dushenkov, V., Motto, H., y Raskin, I. (1995). Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental science & technology*, 29(5), 1232-1238.
- Liang, L., Liu, W., Sun, Y., Huo, X., Li, S., & Zhou, Q. (2017). Phytoremediation of heavy metal contaminated saline soils using halophytes: current progress and future perspectives. *Environmental Reviews*, 25(3), 269-281.

- López, R., Vong, Y., Borges, R., y Olguín, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia*, 69-83.
- Lu, N., Li, G., Sun, Y., Wei, Y., He, L., & Li, Y. (2021). Phytoremediation potential of four native plants in soils contaminated with Lead in a mining area. *Land*, 10(11), 1129. <https://doi.org/10.3390/land10111129>
- Madera-Parra C.A, Peña-Varón M.R, Peña S E.J y Lens J.P.N (2013). Phytoremediation of landfill leachate with *Colocasia esculenta*, *Gynerum sagittatum* and *Heliconia psittacorum* in constructed wetlands. *International journal of Phytoremediation*. DOI: 10.1080/15226514.2013.828014
- Madera-Parra C.A, Peña-Varón M.R, Peña S E.J y Lens J.P.N (2013). Phytoremediation of landfill leachate with *Colocasia esculenta*, *Gynerum sagittatum* and *Heliconia psittacorum* in constructed wetlands. *International journal of Phytoremediation*. DOI: 10.1080/15226514.2013.828014
- Manikandan, R., Sahi, S. V., & Venkatachalam, P. (2015). Impact assessment of mercury accumulation and biochemical and molecular response of *Mentha arvensis*: a potential hyperaccumulator plant. *The Scientific World Journal* ;2015:715217. doi: 10.1155/2015/715217
- Martell Mendoza, N. (2014). Acumulación de metales pesados en *Beta Vulgaris* L. y *Lolium Perenne* L. de suelos de Cuemanco. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/445663>

- Miller, D. (1977). Handbook of research design and social measurement. Nueva York:
Longman. *Sage* (3).
- MINAM. (2015). Estándares de calidad ambiental para suelo. Recuperado de Recuperado
de [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-
content/uploads/sites/22/2015/02/PPT-ECA-Suelos.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/PPT-ECA-Suelos.pdf)
- Navarro-Aviñó, J. P., Alonso, I. A., y López-Moya, J. R. (2007). Aspectos bioquímicos y
genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en
plantas. *Ecosistemas*, 16(2).
- Nungaray Arteaga, N. (2014). "Fitorremediación del suelo de la mina La Blanca, Hidalgo,
con plantas de la especie cosmos bipinnatus y el género dahlia". (Tesis de
Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/257610>
- Obeso, A., Castillo, A., Gurreonero, J., & Vejarano, R. (2017). Fitorremediación de suelos
contaminados con metales pesados mediante cultivo de geranio (*Pelargonium
zonale*).
- Omoregie, G., Ikhajiagbe, B., & Anoliefo, G. (2019). Phytoremediation Potential of Four
Heavy Metals in Soil by *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson at the
Phytotoxicity Screening Benchmarks. *Tanzania Journal of Science*, 45(3), 372-381.
- Ortega-Ortega, R. E., Beltrán-Herrera, J. D., & Marrugo-Negrete, J. L. (2011).
Acumulación de mercurio (Hg) por caña flecha (*Gynerium sagittatum*)(Aubl)
Beauv. in vitro. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 33-41.

- Padilla J., Ramirez E., Barra R. y Barreto J. (2009). Niveles de concentración de metales pesados en especies vegetales emergentes en el pasivo minero ambiental de Ticapampa, Catac, Huaraz, Perú. *Aporte Santiaguino*. 21-25.
- Peña Rivera, F. de M., & Beltrán Lázaro, E. . (2017). Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental El Mantaro. *Prospectiva universitaria*, 9(1), 31–45.
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2012.9.34>
- Pernía, B., Calabokis, M., Noris, K., Bubis, J., Guerra, M., & Castrillo, M. (2020). Effects of cadmium in plants of *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski. *Bioagro*, 31(2), 133-142. Recuperado de <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2641>
- Pizarro, R., Flores, J. P., Tapia, J., Valdés-Pineda, R., González, D., Morales, C. & León, L. (2016). Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 22(1), 29-43.
- Prasad, M.& Freitas,H. (2003). Metal hyperaccumulation in plants-Biodiversity prospecting forphytoremediation technology. *Electron. J. Biotechnol.*, (6), 110-146.
- Prieto Mostacero, K. A., y Fernandez Lamberto, L. H. (2020). Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica Urens* y *Stipa Ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión].
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3177/Keren_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ramírez, R., García, M., Álvarez, V., González, G., y Hernández, V. (2019). Potencial fitorremediador de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos contaminados por metales pesados. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1529-1540.
- Raskin, I., Kumar, P. N., Dushenkov, S., y Salt, D. E. (1994). Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in biotechnology*, 5(3), 285-290.
- Reátegui de la Cruz, K. (2018). Efecto de la dosificación de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Shahuindo Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49837> .
- Rendina, A. E., Miniño, H., Bursztyn, A., de los Ríos, A., Barros, M. J., Wassner, D., & de Iorio, A. R. F. (2014). Uso de ligandos orgánicos en la fitoextracción de Plomo por Ricino (*Ricinus communis* L.). *AUGMDOMUS*, 6, 66-80. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/677>
- Ríos Medrano, M., Lacava, J., Curotto, I., Fucks, L., & Gargarello, R. (2019). Acumulación de Plomo en especias: potencial para procesos de fitorremediación de suelos urbanos contaminados en Argentina. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/335639107_ACUMULACION_DE_PLOMO_EN_ESPECIAS_POTENCIAL_PARA_PROCESOS_DE_FITORREMIACION_DE_SUELOS_URBANOS_CONTAMINADOS_EN_ARGENTINAACUMULACION_DE_PLOMO_EN_ESPECIAS_POTENCIAL_PARA_PROCESOS_DE_FITORREMIACION_DE

- Salazar-Matarrita, A., Cubero-Campos, M., & Durán-Jiménez, B. (2020). Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de costa rica. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 123-132.
- Santoyo Martinez, M. (2020) .Estudio ecotoxicológico sobre la bioacumulación de metales pesados en dos especies vegetales asociada a los jales de Huautla, Morelos. Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/1270>
- sativus L. *SCIENDO*, 16(2). Recuperado a partir de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/849>"
- Silva, A. (2011). Determinando la población y la muestra. Recuperado de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/05/definir-la-unidad-de-analisis-y-la.html>
- Singh, O. V., y Jain, R. K. (2003). Phytoremediation of toxic aromatic pollutants from soil. *Applied microbiology and biotechnology*, 63(2), 128-135.
- SINIA. (2017). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>
- Suthar, V., Memon, K. S., y Mahmood-ul-Hassan, M. (2014). EDTA-enhanced phytoremediation of contaminated calcareous soils: heavy metal bioavailability, extractability, and uptake by maize and sesbania. *Environmental monitoring and assessment*, 186(6), 3957-3968.

- Syam, N., Wardiyati, T., Maghfoer, M. D., Handayanto, E., Ibrahim, B., y Muchdar, A. (2016). Effect of accumulator plants on growth and nickel accumulation of soybean on metal-contaminated soil. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, (9), 13-19.
- Vardanyan, L. G., y Ingole, B. S. (2006). Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. *Environment international*, 32(2), 208-218.
- Zhang, C., Chen, Y., Xu, W., Chi, S., Li, T., Li, Y. y Feng, D. (2019). Resistance of alfalfa and Indian mustard to Cd and the correlation of plant Cd uptake and soil Cd form. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(14), 13804-13811.
- Zhi-xin, N, Li-na, S., Tie-heng, S., Yu-shuang, L.& Hong, W. (2007). Evaluation of phytoextracting cadmium and lead by sunflower, ricinus, alfalfa and mustard in hydroponic culture. *Journal of environmental sciences*, (19), 961-967.