



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN ÁNCASH, PERÚ”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Gonzalo Nicolas Mansilla Chavez

Asesor:

Víctor Barrantes Santos

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°036-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 19 de febrero de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Contaminación por arsénico en Áncash, Perú**, presentado por:

- **Mansilla Chavez Gonzalo Nicolas**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Contaminación por arsénico en Áncash, Perú** con N° de registro de la carrera: **054-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Victor Agustin Barrantes Santos** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN ÁNCASH, PERÚ

Mansilla Chavez, Gonzalo Nicolas¹; Barrantes Santos, Victor²

¹Estudiante de Ingeniera Ambiental de la Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur Km19, Villa el Salvador

Gonzalonicolasm97@gmail.com

RESUMEN

En Ancash se tiene como una de las principales actividades económicas a la minería, la cual se realiza en gran parte de la cordillera blanca y negra de la región, dando como consecuencia varios pasivos ambientales en las zonas aledañas. Una de las fuentes de exposición hacia el arsénico más comunes, es a través del consumo de agua y alimentos, los estudios muestras de que se supera fácilmente los límites establecidos en el río Santa comparándolo con los estándares de calidad ambiental. Los pobladores aledaños se encuentran expuesto, pues es esta zona en donde se da una mayor actividad minera y al mismo tiempo agrícola, corriendo el riesgo de consumir alimentos contaminados, así como el uso del agua de río Santa que se ha probado contener altas concentraciones de arsénico en diferentes puntos de muestreo. El objetivo de este trabajo será revisar investigaciones que analicen el arsénico y su situación actual en Ancash.

Palabras clave: Arsénico, Contaminación, Pasivos, Minería, Exposición

ABSTRACT

In Ancash there is one of the main economic activities for mining, which is carried out in large part of the white mountain range and the black mountain range of the region, resulting in several environmental liabilities in the surrounding areas. One of the sources of exposure to the most common arsenic, is through the

consumption of water and food, studies show that it easily exceeds the limits established in the Santa River compared to environmental quality standards. The inhabitants who live near the black and white mountain range are exposed, since it is this area where there is a greater mining activity and at the same time agricultural, running the risk of consuming contaminated food, as well as the use of the Santa River water. It has been proven to contain high concentrations of arsenic at different sampling points. The objective of this work will be to review research that analyzes arsenic and its current situation in Ancash.

Keywords: Arsenic, Pollution, Liabilities, Mining, Exposure

Introducción

La contaminación de cuerpos de agua naturales por actividades de origen antrópico, se encuentra afectando la alimentación y la salud pública por la presencia de metales pesados (efsa, 2015; Huang et. al, 2014). En recientes investigaciones se han hallado en diferentes vegetales, como la lechuga y la papa, la presencia de metaloides y metales pesados como el arsénico, cromo, zinc, plomo, cadmio (Singh et. al, 2010). Siendo una de las causas el agua de riego utilizada la causa de la contaminación (Singh et. al, 2010; Francisca et. al, 2015; Li et. al, 2015). Asimismo, se han podido encontrar estos metales bioacumulados en varios tipos de carne animal y leche de vaca (Singh et al, 2010; Li et al, 2015).

Los alimentos han reportado un aumento considerable de la concentración de metales pesados, encontrándose en varias regiones del mundo con por encima de los límites establecidos (Arnous O.M. et al. 2015). Siendo en uno de los

estudios el arsénico como el contaminante al que la población se encuentra mas expuesto al encontrarse en más presente en alimentos (González et.al, 2015)

En las actividades mineras, el arsénico es uno de los contaminantes que se encuentra principalmente asociado a esta actividad (De Gregori et al., 2003). Las características del suelo, que se encuentran cerca a estas actividades, se pueden ver afectadas, así como los organismos, ya que este contaminante es toxico dependiendo de la concentración a la que se encuentre (Adriano, 2001)

MARCO TEÓRICO

Contaminación por metales pesados

Los metales pesados son considerados los elementos cuyo peso específico supera 5g/cm^3 o si su número atómico está por encima de veinte (Barceló y Poschenrieder, 1990; Breckle, 1991). El EPA (1997) lo define que un metal pesado tiene una densidad mayor de $5\mu\text{g/mL}$. Al hallarse en altas concentraciones se afecta negativamente, plantas, animales y cualquier organismo en el medio, incluido el hombre (Spain et al., 2003). Es muy difícil de que los metales puedan ser degradados ambiente o por organismos (Abollino et al., 2002). Además, se ven afectadas las funciones otros de componentes ambientales, la disminución de los microorganismos del suelo (Martín, 2000).

Fuentes de arsénico

El arsénico es un elemento que se encuentra distribuido de forma amplia, y se encuentra en una de sus estados de oxidación (As(V), As(III), As(0) y As(-III)), el cual puede ser de origen orgánico o inorgánico.(Yulieth C. et al, 2016) Monroy Fernández et al.,(2002), mencionan que al darse una explotación de yacimientos

que contienen sulfuros plimetalicos de plomo (Pb) , cobre (Cu) y zinc (Zn) ,se generan residuos mineros que provocan el incremento de contaminantes como el arsenico alrededor. Estudios realizados por Lim, et al (2008) demuestran que al existir relaves mineros abandonados por años se da una contaminación por arsénico; existe el riesgo de que esta actividad provoque graves consecuencias al ambiente(Vicente, 2001 & Romero , 2006) y a la salud de las poblaciones residentes aledañas que se encuentren dentro del área de influencia, y se da por el mal manejo de sustancias contaminantes (Christiani ,1990., Robaina , 2004).Se han realizado investigaciones que avalan que es en el agua del consumo humano donde las persones más se exponen al arsénico (Tollestrup K ., et al 1995, Hothem RL ., 1994, Sanok WJ ., 1995)

Efectos del arsénico

Los metales, como el arsénico, se acumulan en la parte superficial del suelo, siendo accesible a los cultivos (Baird, 1999). Los oligoelementos que se encuentren en un suelo contaminado serán absorbidos y almacenados en los tejidos vegetales de una planta que es cultivada en ese suelo, esta concentración se encontrara directamente relacionada con el contaminante en el suelo y, si la solución es húmeda, se aumentara esta abundancia. (Pendias k y Pendias H, 2001). Es comprobado que concentraciones muy altas afectan los cultivos, según investigaciones de Gulson *et al.* (1996). La toxicidad de los metales se aumentará o reducirá según las características del suelo Colombo et al. (1998). Respecto a la salud humana se sabe que este contaminante es cancerígeno, en especial al pulmón vesícula, piel y riñón (ATSD, 2003; EPA 1999), dependerá de la exposición que exista al contaminante.

Exposición al arsénico

El tiempo de exposición y la dosis a la que se expone es de lo que depende los efectos hacia la salud (ATSDR,2007). La mayor emisión del arsénico en la industria proviene de fundiciones y refinerías, plantas de energía que funcionan a base de combustible fósil o geotérmica (Ramirez, 1993). Las poblaciones afectadas por el arsénico son numerosas en varias partes del mundo y según varias instituciones científicas, como el Agency for Research on Cancer (IARC, 2002) se considera como cancerígeno para humanos. El arsénico es relacionado con el consumo de agua potable y casos de en los que se da cáncer de piel según estudios en lo que se da la exposición y cáncer en el pulmón (IARC, 2002). La población con situación de pobreza es la que se encuentra más susceptible a ser afectada por este tipo de exposición del toxico ambiental (Kazi TG ., et al , 2009 ; Cantor KP .,et al , 2007)

Transporte del contaminante

La movilidad del arsénico en el ambiente es dado por procesos naturales como por actividades humanas (Matschullat, 2000) Los principales procesos de transporte ocurren en el subsuelo (Silva, 1989). Puede ocurrir en forma de arseniatos y arsenitos y dependerán de las condiciones del medio (Violante y Pigna, 2002). Se encuentran regulado en el agua por el proceso de adsorción-absorción sobre los óxidos metálicos (Livesey y Huang, 1981) .Se da una transformación entre estados de oxidación , en el suelo , que reducen su toxicidad y movilidad (McLean & Bledsoe, 1992). Los fenómenos de adsorción dependerán de en qué estado de oxidación se encuentra el arsénico (Cai et al., 2002). Tienen la facilidad de que los metales entren a la cadena trófica(Puga et

al 2006). Brus *et al.* (2002) mencionan que son la característica del suelo, lo que determina la transferencia de estos metales. La movilidad del arsénico dependerá de las condiciones a las que se encuentre el ambiente, se sabe que al encontrarse bajo condiciones de acidez será móvil y bajo condiciones de alcalinidad no tendrá movimiento (Jara, 2002)

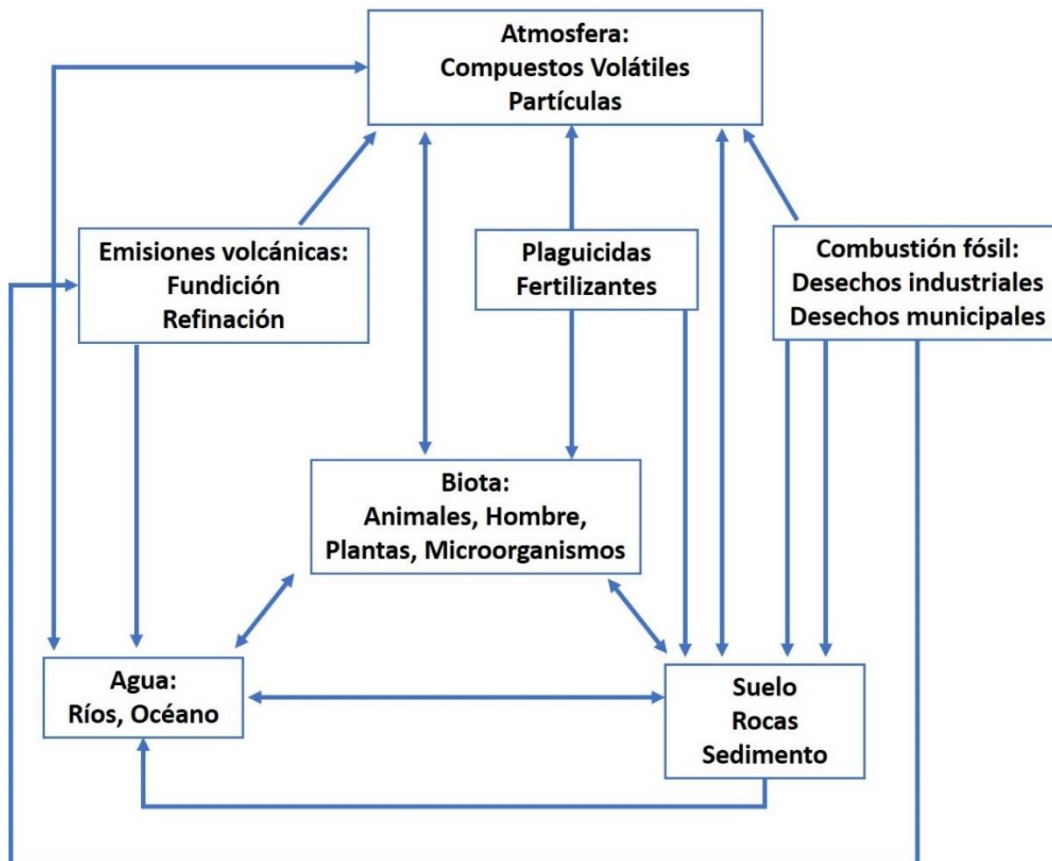


Figura 1. Ciclo del arsénico en el ambiente (Albores et al., 1997)

Contaminación por arsénico en Perú

Se estima que en América Latina cerca la mitad del arsénico que se ingiere es por los alimentos que se consumen (Bundschuh J., et al 2012). Perú se encuentra entre los países con mayor nivel de exposición a arsénico en el agua, en especial la que es de tipo subterráneo (Bundschuh J., et al 2012 ; Castro de Esparza M , 2010). El arsénico presente en el agua tiene un origen geológico y

humano por la actividad minera (González ., et al 2013). En el agua de consumo humano se han reportado niveles de arsénico por encima del LMP recomendado en el agua potable de 10 ug/L en gran cantidad de ríos (MINAM 2008). Se estimo que para el año 2000 cerca de 250 000 personas consumían agua con concentraciones de arsénico mayores a 50 ug/L(Sancha AM , 2000 ; Castro de Esparza , 2010)

Calidad de agua en Ancash

En estudios realizados donde se evaluó la calidad de agua proveniente de la cordillera blanca, se encontró de que hay niveles altos de metales como: Zinc , plomo , aluminio , manganeso y arsénico con concentraciones muy altas(Johnson, L, 2012).Las diversas actividades que se desarrollan en la cuenca del rio Santa son los principales factores que afectan la características del agua siendo así la contaminación de origen antrópico, entre las principales esta la minería que se da la zona (Loayza R ., et al 2010). Estudios sobre la calidad de agua sobre el Rio Santa demuestran que los parámetros de arsénico superan los límites establecidos por la ley general de aguas D.L 17752 (Lacra marca ., 2004).Otra fuente de mineral es proveniente del drenaje acido natural que se causa por el deshielo dejando las rocas expuestas y dejando que se con el agua se movilicen los metales hacia otros cuerpos de agua (Romea , A ., et al 2010).

Minería en Ancash

Como se mencionó, la actividad minera es de las principales causantes del aumento de concentraciones de arsénico en el medio(Valdivieso & Gómez, 2015) , y en Ancash la presencia de esta actividad es considerable. Un peligro es de las canchas de relaves proveniente de la actividad minera y que se

encuentran en lugares cercanos al río, lo cual conlleva a la posibilidad de contaminación por eventos como inundaciones (MINEM, 1998). En la cuenca alta del Río Santa (Huaraz, Perú) es muy influenciado por la actividad minera, ubicado en: Cordillera Blanca y Cordillera Negra, ubicados en las alturas de la provincia de Recuay (Calzado, L 1997).

Conclusiones

En las investigaciones revisadas en este artículo se puede confirmar que en Ancash la mayor fuente de arsénico es producto de la minería y de los pasivos mineros que estos produce, teniendo los pobladores cercanos a mineras una mayor exposición, que puede aumentar por el uso de agua y consumo de alimentos, al arsénico.

La cordillera blanca y negra es donde se encuentra la mayor actividad minera, afectando así en gran cantidad a la calidad de agua del río Santa, que es el que fluye a través de esta zona, y fue así comprobado en los estudios revisados; pero es la parte de la cuenca alta en donde se encuentra una mayor concentración de arsénico por la minería y el deshielo de los glaciares.

Referencia Bibliográfica

- ADRIANO, D.C. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2nd ed. New York: Springer, 2001. 867.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry. Toxicological Profile for Arsenic U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Diseases Control, Atlanta, GA, 2003.

- Agency for toxic substances and disease registry (ATSDR). Toxicological profile for arsenic. Atlanta, GA. US 2007. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?Id=22&tid=3>
- Albores, A., Quintanilla, B., Del Razo, L., & Cebrian, M. (1997). Arsénico. Introducción a la Toxicología ambiental. OPS, OMS, CPEHSPA. Metepec, 247-261.}
- Arnous O.M, Hassan A.A.M. (2015). Heavy metals risk assessment in water and bottom sediments of the eastern part of Lake Manzala, Egypt, based on remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, (10), pp. 7899-7918. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s12517-014-1763-6>
- Bastías, R. A. Z., González, P. N., Hanshing, E., Amar, G. A., & Pizarro, C. (2013). Evaluación del riesgo ambiental por la presencia de mercurio en relaves mineros dentro de la ciudad de Andacollo, Chile. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 4(4), 75–83.
- BRECKLE, S., 1991. Growth under stress: heavy metals. In: *Plant Roots: the Hidden Half*. Y. Waisel, A. Eshel & U. Kafkafi, (Eds.) 351-373, Marcel Dekker, Inc., New York
- Brus D.J. de Gruijter, Walvoort D.J.J., de Vries F., Bronswijk J.J.B., Romkens P.F.A.M. & de Vries W .2002. Mapping the probability of exceeding critical thresholds for cadmium concentrations in soils in the Netherlands. *J. Environ. Qual.* 31: 1875-1884
- Bundschuh J, Litter MI, Parvez F, Román-Ross G, Nicolli HB, Jean JS, et al. One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence

from 14 countries . Sci Total Environ. 2012 Jul 1;429:2-35. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.024.

- Bundschuh, L. Caracterización y categorización de los problemas ambientales de la minería en el Perú. Primer Simposio Nacional de Medio Ambiente y Seguridad Minera – Colegio de Ingenieros del Perú. 1997
- Bundschuh. ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL Y DE PLANEAMIENTO PARA REDUCCIÓN O ELIMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ORIGEN MINERO EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA - Dirección de Asuntos Ambientales. Lima : MINEM; 1998
- Cai, Y; Cabrera, J.C; Georgiadis, M; Jayachandran, K. (2002). The Science of Total Environment, 291: 123-134. 96-94
- Cantor KP, Lubin JH. Arsenic, internal cancers and issues in inference from studies of low-level exposures in human populations. Toxicol Appl Pharmacol. 2007;222:252-7.
- Castro de Esparza ML. Arsénico en el agua de bebida de la población de los valles de Locumba y Chipe. Lima: OPS/ CEPIS; 2002
- Castro de Esparza ML. Mejoramiento de la calidad del agua de pozos en zonas rurales de Puno, Perú. En: Litter MI, Sancha AM, Ingallinella AM, editors. Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas. Buenos Aires: Editorial Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo; 2010. P. 243–56
- Christiani D, Durvasula R, Myers J. Occupational health in developing countries: review of research needs. Am J Ind Med. 1990;17(3):393-401.

- DE GREGORI, I.; FUENTES, E.; ROJAS, M.; PINOCHET, H.; POTIN-GAUTIER, M. Monitoring of copper, arsenic and antimony levels in agricultural soils impacted and non-impacted by mining activities, from three regions in Chile. *Journal of Environmental Monitoring*, v.5, p.287-295, 2003.
- Environmental Protection Agency (EPA). Integrated Risk Information Systems (IRIS) on Arsenic. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development Washington DC. 1999.
- EPA. Environmental Protection Agency. Safe water standards..NPDWR: U.S.A. 1997: disponible en: <http://www.epa.gov>.
- Espinoza N, Mariano M, Porlles J, Romero A. Estrategias regionales de gestión ambiental. El caso del proyecto minero Las Bambas de Apurímac. *Rev Inv fac Cienc Admin UNMSM*. 2006;9(18):33-9.
- European food safety Authority (efsa). 2015. Recuperado de: <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals>
- Fransisca, Y. Et al., 2015. Assessment of arsenic in Australian grown and imported rice varieties on sale in Australia and potential links with irrigation practises and soil geochemistry. *Chemosphere*, 138, pp.1008–1013. Available at: DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.048>.
- González, E., Marrugo, J., & Martínez, V., (2015). El problema de Contaminación por Mercurio. *Nanotecnología: Retos y Posibilidades para Medición y Remediación*. Red Colombiana de Nanociencia y Nanotecnología.
- Gulson B.L., Mizon K.J., Korsch M.J. & Howarth D. 1996. Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate

- lead exposure in a mayor mining community. The science of the total environment. 181: 223-230.
- Hothem RL, Welsh D. Contaminants in eggs of aquatic birds from the grasslands of central California. Arch Environ Contam Toxicol 1994; 27 (2): 180-5
 - Huang, Z. Et al., (2014). Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. Food Control, 36(1), pp.248–252. Available at: DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.036>.
 - IARC. International Agency for Research on Cancer. Overall evaluations of carcinogenicity to humans. Disponible en: <<http://193.51.164.11/monoeval/crthgr01.html>>. Acceso en: ago. 2002.
 - Johnson L 2012. Evaluación Físicoquímica y bacteriológica de las aguas en las cuencas del Rio Porcon y Rio Grande Cajamarca -Perú Tesis para optar por el título profesional en microbiología y parasitología. Universidad Nacional de Trujillo-Peru pp:25-39
 - Kabata-Pendias A. & Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants CRC. Press, Florida
 - Kazi TG, Arain MB, Baig MK, Afridi HI, Jalbani N, Sarfraz RA, et al. The correlation of arsenic levels in drinking water with the biological samples of skin disorders. Sci Total Environ. 2009;407:1019-26.
 - Li, N. Et al., (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. Science of the Total Environment,

521-522, pp.144–151. Available at: DOI:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.081>.

- Lim, H. S., Lee, J. S., Chon, H. T., & Sager, M. (2008). Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration*, 96(2–3), 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.04.008>
- Livesey, N.T; Huang, P.M. (1981) Adsorption of arsenate by soils and its relation to selected chemical properties and anions. *Soil Science*, 131:88-Manning, B.A; Goldberg, S. (1997) Adsorption and stability of arsenic (III)at the clay mineral-water interface. *Environmental Science and Technology*, 31:2005-2011
- Loayza ,R ., Elias, R ., Marticorena , J ., Palomino , J ., Duivenvoorden , F ., Kraak , S ., Admiraal , W 2010. Metal induced shifts in macroinvertebrate community composition in Andean high altitud streams. *Enviromental Toxicology and Chemistry* 29(12) , pp:2761-2768
- Martín, A., & Santamaría, J. M. (2000). *Diccionario terminológico de contaminación ambiental*. Universidad de Navarra.
- Matschullat, J. (2000). Arsenic in the geosphere. A review. *The Science of Total Environment*, 249:297-312
- Mclean E.J. & Bledsoe B.E. 1992. Behavior of metals. Ground water issue. EPA/540/S-92/018.
- Ministerio de Ambiente. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. DS N°002-2008-MINAM, Perú. *El Peruano*, 2008:377222-377227

- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., & Quintana, C. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*, 5(1995), 149–155. [https://doi.org/*Mineral industries *Pollution *Soils *Metals Regression analysis](https://doi.org/*Mineral%20industries%20*Pollution%20*Soils%20*Metals%20Regression%20analysis)
- Robaina C, Robaina F. La epidemiología ocupacional en países en desarrollo. *Rev Cubana Med Gen Integr* 2004;20(2):e6.
- Sancha AM, Castro de Esparza ML. Arsenic status and handling in Latin America. Lima: AIDIS/DIAGUA, CEPIS/OPS; 2000.
- Sanok WJ, Ebel JG, Manzell KL, Gutenmann WH, Lisk DJ. Residues of arsenic and lead in potato soils on Long Island. *Chemosphere* 1995; 30 (4): 803-6
- Singh, P. K., & Tewari, R. K. (2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L. *Plants. Journal of Environmental Biology*, 24(1), 107-112
- Tollestrup K, Daling JR, Allard J. Mortality in a cohort of orchard workers exposed to lead arsenate pesticide spray. *Arch Environ Health* 1995; 50 (3): 221-9
- Valdivieso, J. M. C., & Gómez, Ó. T. (2015). Impacto de la actividad minera y su manejo sustentable en la zona de Huanchuy - distrito de Shupluy , provincia de Yungay – Región Áncash Impact of the for the mining activity and sustainable management in the area of shupluy -district Huanchuy , province of Yungay - Ancash region, 18(3), 143–151
- Violante, A; Pigna, M (2002) Competitive sorption of arsenate and phosphate on different clay minerals and soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1788-17

- Yulieth C. Reyes, I. V., & , Omar E. Torres¹ Mercedes Díaz, E. E. G. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16 N° 2(1), 12. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Yulieth C. Reyes, I. V., & , Omar E. Torres¹ Mercedes Díaz, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16 N° 2(1), 12. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>