Impacto ambiental de la contaminación del suelo por arsénico proveniente

de la actividad minera en la región de ancash

Resumen

La contaminación por arsénico en la región de Áncash Perú constituye una grave problemática ambiental y de salud pública que afecta a miles de personas, especialmente a las comunidades cercanas a zonas mineras Áncash es una región rica en minerales y ha sido históricamente una zona de intensa actividad minera tanto formal como informal Esta actividad aunque económicamente importante ha generado severos impactos negativos en el medio ambiente siendo uno de los más críticos la liberación de arsénico al agua, suelo y aire El arsénico es un elemento químico naturalmente presente en ciertos tipos de rocas pero su concentración se incrementa considerablemente debido a las actividades humanas especialmente la minería. Durante el proceso de extracción y tratamiento de minerales como el cobre el oro o la plata se liberan residuos tóxicos entre ellos el arsénico que contaminan ríos lagunas suelos agrícolas y fuentes subterráneas de agua. Uno de los principales cuerpos de agua afectados es el río Santa, que cruza gran parte de la región y es fundamental para el consumo humano, la agricultura y la ganadería Diversos estudios realizados por instituciones estatales y académicas han detectado niveles de arsénico en el agua superiores a los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que recomienda un máximo de 10 microgramos por litro. Esta situación expone a las personas a una serie de enfermedades graves especialmente cuando el arsénico es consumido durante largos periodos a través del agua potable o por el consumo de productos agrícolas contaminados Las consecuencias para la salud incluyen cáncer de piel pulmón y vejiga lesiones dérmicas trastornos cardiovasculares problemas neurológicos y afecciones al desarrollo infantil. Las poblaciones más vulnerables son los niños las mujeres embarazadas y los adultos mayores Además del impacto sobre la salud humana, la contaminación por arsénico afecta gravemente al ecosistema Los suelos contaminados pierden su fertilidad lo que compromete la seguridad alimentaria local. La biodiversidad acuática también se ve perjudicada y el arsénico puede acumularse en los organismos vivos alterando las cadenas alimentarias. Esto genera un círculo vicioso en el que la contaminación no solo afecta al ambiente natural sino también a la economía local y al bienestar de las familias Frente a este escenario, las respuestas del Estado y de las empresas mineras han sido consideradas insuficientes por muchas comunidades locales. Aunque se han implementado algunas plantas de tratamiento de agua y campañas informativas estas no cubren la totalidad de las zonas afectadas ni abordan el problema de manera estructural Las organizaciones sociales y no gubernamentales han jugado un papel importante en visibilizar el problema exigir justicia ambiental y acompañar a las comunidades en la vigilancia ambiental participativa La solución a este problema requiere una intervención integral sostenida y transparente. Es fundamental establecer sistemas eficaces de monitoreo ambiental fortalecer la legislación y las sanciones contra quienes contaminen y promover tecnologías limpias en la minería Igualmente se necesita trabajar en la remediación de los ecosistemas contaminados, garantizar el acceso a agua segura y asegurar que las poblaciones afectadas reciban atención médica especializada.

La contaminación por arsénico en Áncash refleja los desafíos que enfrenta el Perú al intentar equilibrar el desarrollo económico con la protección ambiental y los derechos humanos. Afrontar este problema con seriedad y compromiso es esencial para garantizar un futuro más saludable, justo y sostenible para las generaciones presentes y futuras.

1: 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)

Justificacion:

Frente a la grave problemática de la contaminación por arsénico en Áncash, es necesario implementar soluciones integrales, sostenibles y participas que aborden tanto las causas como las consecuencias de esta situación Una solución efectiva debe considerar la articulación entre el Estado, las empresas privadas (especialmente del sector minero), las comunidades locales y organizaciones sociales, priorizando la salud pública y la protección del medio ambiente En primer lugar, es fundamental establecer un sistema permanente de monitoreo y control de la calidad del agua, especialmente en zonas cercanas a operaciones mineras. Este monitoreo debe ser transparente y con participación ciudadana, de modo que las comunidades tengan acceso a la información sobre los niveles de arsénico y otros metales pesados en sus fuentes de agua En segundo lugar, se debe instalar y garantizar el funcionamiento de plantas de tratamiento de agua potable en las zonas afectadas. Estas plantas deben ser diseñadas para eliminar arsénico del agua de consumo humano, y su mantenimiento debe estar a cargo de autoridades competentes con presupuesto asignado. En paralelo, se debe capacitar a la población en el uso adecuado de tecnologías caseras para la purificación del agua en situaciones donde no sea posible contar con plantas centrales Además, es urgente aplicar programas de remediación ambiental, que incluyan la limpieza de suelos, ríos y quebradas contaminadas por relaves mineros, así como el control y manejo seguro de los residuos generados por la minería. Las empresas responsables deben asumir los costos de estas acciones como parte de sus compromisos ambientales Otro aspecto clave es garantizar el acceso a atención médica especializada para las personas expuestas al arsénico. Esto incluye diagnósticos gratuitos, tratamientos adecuados y seguimiento a largo plazo. También se deben implementar campañas de información y prevención en las comunidades vulnerables, enfocadas en reducir la exposición al arsénico y promover el cuidado del entorno Finalmente, se requiere fortalecer la legislación ambiental y hacer cumplir las normas existentes, sancionando a las empresas que no gestionen adecuadamente sus residuos. Es necesario fomentar una minería responsable, que utilice tecnologías limpias y minimice sus impactos sobre el ambiente y la salud humana La solución a esta problemática no es inmediata, pero es posible si se actúa con responsabilidad, voluntad política y compromiso social. Proteger el agua y la vida debe ser una prioridad en la gestión del territorio y los recursos naturales en Áncash y en todo el Perú.

Revision Bibliografica

2.1. Contaminación por metales pesados y arsénico

Los metales pesados son considerados los elementos cuyo peso específico supera 5g/cm3 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 5μg/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).

2.2. Origen del arsénico en el ambiente

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 polimetálicos de plomo (Pb) , cobre (Cu) y zinc (Zn) ,se generan residuos mineros que provocan el incremento de contaminantes como el arsénico 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.

2.3. Impacto en la salud humana

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 contamínate 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.

2.4. Bioacumulación y efectos

El tiempo de exposición y la dosis la que se expone es de lo que depende lo 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 )

2.5. Transporte y movilidad del arsénico en el ambiente

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 la 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 un 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 baje condiciones de acidez será móvil y bajo condiciones de alcalinidad no tendrá movimiento (Jara, 2002)

2.6. Situación del arsénico en América Latina y 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 )

2.7. Contaminación del río Santa en Áncash

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).

2.8 Impacto en la mineria de 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 rio, 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).

Conclucion

En las investigaciones revisadas en este articulo 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 rio 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

Adriano, D.C. (2001). *Elementos traza en ambientes terrestres: biogeoquímica, biodisponibilidad y riesgos de los metales.* 2ª ed. Nueva York: Springer  
 Enlace: https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-21510-5

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2003). *Perfil toxicológico del arsénico.* Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, Centros para el Control de Enfermedades, Atlanta, GA.  
 Enlace: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\_phs2.html](https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf)

Albores, A., Quintanilla, B., Del Razo, L., & Cebrián, M. (1997). *Arsénico.* En: Introducción a la toxicología ambiental. OPS, OMS, CPEHSPA. Metepec, pp. 247-261.

Arnous, O.M., & Hassan, A.A.M. (2015). *Evaluación del riesgo de metales pesados en el agua y sedimentos del fondo de la parte oriental del Lago Manzala, Egipto, basada en teledetección y SIG.* Arabian Journal of Geosciences, 8(10), 7899-7918.  
 Enlace:https://www.researchgate.net/publication/270956779\_Heavy\_metals\_risk\_assessment\_in\_water\_and\_bottom\_sediments\_of\_the\_eastern\_part\_of\_Lake\_Manzala\_Egypt\_based\_on\_remote\_sensing\_and\_GIS

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). *Crecimiento bajo estrés: metales pesados.* En: Plant Roots: the Hidden Half. Y. Waisel, A. Eshel & U. Kafkafi (Eds.), pp. 351-373. Marcel Dekker, Inc., Nueva York.

Enlace : https://www.amazon.com/Plant-Roots-Hidden-Plants-Environment/dp/082478393X

Brus, D.J., de Gruijter, J.J., Walvoort, D.J.J., de Vries, F., Bronswijk, J.J.B., Romkens, P.F.A.M., & de Vries, W. (2002). *Mapeo de la probabilidad de exceder umbrales críticos para concentraciones de cadmio en suelos en los Países Bajos.* Journal of Environmental Quality, 31, 1875-1884.

Enlace: https://www.researchgate.net/publication/224840449\_Mapping\_the\_Probability\_of\_Exceeding\_Critical\_Thresholds\_for\_Cadmium\_Concentrations\_in\_Soils\_in\_the\_Netherlands

Bundschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B., Jean, J.S., et al. (2012). *Un siglo de exposición al arsénico en América Latina: una revisión de la historia y ocurrencia en 14 países.* Science of the Total Environment, 429, 2-35.  
 Enlace: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711006486?via%3Dihub

Bundschuh, L. (1997). *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.

Bundschuh. (1998). *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.

Cai, Y., Cabrera, J.C., Georgiadis, M., & Jayachandran, K. (2002). *El arsénico en el medio ambiente.* The Science of the Total Environment, 291, 123-134.

Cantor, K.P., & Lubin, J.H. (2007). *Arsénico, cánceres internos y cuestiones en la inferencia de estudios de exposiciones de bajo nivel en poblaciones humanas.* Toxicology and Applied Pharmacology, 222, 252-257.

Castro de Esparza, M.L. (2002). *Arsénico en el agua de bebida de la población de los valles de Locumba y Chipe.* Lima: OPS/CEPIS.

Castro de Esparza, M.L. (2010). *Mejoramiento de la calidad del agua de pozos en zonas rurales de Puno, Perú.* En: Litter, M.I., Sancha, A.M., & Ingallinella, A.M. (Eds.), Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas. Buenos Aires: Editorial Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, pp. 243–256.

Christiani, D., Durvasula, R., & Myers, J. (1990). *Salud ocupacional en países en desarrollo: revisión de necesidades de investigación.* American Journal of Industrial Medicine, 17(3), 393-401.

De Gregori, I., Fuentes, E., Rojas, M., Pinochet, H., & Potin-Gautier, M. (2003). *Monitoreo de niveles de cobre, arsénico y antimonio en suelos agrícolas impactados y no impactados por actividades mineras en tres regiones de Chile.* Journal of Environmental Monitoring, 5, 287-295.

Environmental Protection Agency (EPA). (1999). *Sistemas Integrados de Información de Riesgos (IRIS) sobre Arsénico.* Centro Nacional de Evaluación Ambiental, Oficina de Investigación y Desarrollo, Washington DC.

EPA. (1997). *Normas de agua potable seguras.* NPDWR: EE. UU.

Espinoza, N., Mariano, M., Porlles, J., & Romero, A. (2006). *Estrategias regionales de gestión ambiental. El caso del proyecto minero Las Bambas de Apurímac.* Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas UNMSM, 9(18), 33-39.

European Food Safety Authority (EFSA). (2015). *Metales.*

Francisca, Y., et al. (2015). *Evaluación del arsénico en variedades de arroz cultivadas en Australia e importadas a la venta en Australia y posibles vínculos con prácticas de riego y geoquímica del suelo.* Chemosphere, 138, 1008–1013.

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). *Fuentes no relacionadas con el cuerpo mineral son contribuyentes significativos al plomo en sangre de algunos niños con exposición baja a moderada al plomo en una comunidad minera importante.* The Science of the Total Environment, 181, 223-230.

Hothem, R.L., & Welsh, D. (1994). *Contaminantes en huevos de aves acuáticas de las praderas del centro de California.* Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 27(2), 180-185.

Huang, Z., et al. (2014). *Metales pesados en vegetales y el riesgo para la salud de la población en Zhejiang, China.* Food Control, 36(1), 248–252.

IARC. (2002). *Evaluaciones generales de carcinogenicidad para humanos.*

Johnson, L. (2012). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas en las cuencas del Río Porcón y Río Grande, Cajamarca - Perú.* Tesis para optar por el título profesional en microbiología y parasitología. Universidad Nacional de Trujillo - Perú, pp. 25-39.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Elementos traza en suelos y plantas.* CRC Press, Florida.

Kazi, T.G., et al. (2009). *La correlación de los niveles de arsénico en el agua potable con las muestras biológicas de trastornos cutáneos.* Science of the Total Environment, 407, 1019-1026.

Li, N., et al. (2015). *Concentración y transporte de metales pesados en vegetales y evaluación del riesgo de exposición humana a metales pesados bioaccesibles en el suelo cerca de un sitio de incineración de residuos, sur de China.* Science of the Total Environment, 521-522, 144