

EFFECTOS A LA SALUD ANTE EXPOSICIÓN DE METALES
PESADOS MERCURIO, PLOMO Y ARSÉNICO EN NIÑOS

Miriam Estefanía Martínez de la Torre
Claudia Araceli Reyes Estrada
Dellanira Ruíz de Chávez Ramírez
Maestría en Ciencias de la Salud Unidad, UAMH, UAZ.
José Germán Flores Lozano
Licenciatura en Nutrición, UAE, UAZ.

Correo: stella_2092@live.com

RESUMEN

En la actualidad existen una gran cantidad de sustancias tóxicas a las que se está expuesto a través de la contaminación del medio ambiente, que ocurre a nivel global. Estas sustancias son tóxicas no solo al ser humano sino a los ecosistemas y se utilizan de manera indiscriminada principalmente por razones económicas. Ejemplo de ello son los metales pesados que provocan daños severos a la salud, de éstos los más utilizados a nivel industrial y en la minería son el plomo, el mercurio, el cadmio, el arsénico y el cromo, los cuales se pueden encontrar en el suelo, el agua y el aire. Dichos metales provocan daños severos en el organismo especialmente en el sistema nervioso, su toxicidad se debe a la capacidad de generación de radicales libres y desnaturalización de las proteínas. Los niños suelen ser los más susceptibles ante su exposición; dentro de los efectos que se pueden presentar se han relacionado con las deficiencias en el aprendizaje y en el lenguaje, déficit de atención y deterioro en el desarrollo de la función cognitiva y del comportamiento. La toxicidad del mercurio y plomo es debido a su afinidad a los grupos sulfhidrilo y selenio que se encuentran presentes en las enzimas, modificando su actividad. Por su parte el arsénico interactúa con los grupos de azufre presentes en los grupos sulfhidrilo, que se han relacionado con alteraciones genómicas. Por lo antes mencionado es que el mercurio, plomo y el arsénico son altamente tóxicos especialmente para los niños, en quienes se ha demostrado que existe una alta relación con el bajo coeficiente intelectual ante dicha exposición. Es así que no se debe perder de vista aquellas poblaciones que se encuentran en riesgo ante posible o potencial contaminación con estos metales pesados e identificar los efectos que la población suelen presentar.

Palabras clave: Metales pesados, niños, efectos.

ABSTRACT

Currently there are a large number of toxic substances to which we are exposed through environmental pollution, which occurs globally. These substances are toxic not only to humans but to ecosystems and are used indiscriminately mainly for economic reasons. An example of this are the heavy metals that cause severe damage to health, of these the most widely used at an industrial level and in mining are lead, mercury, cadmium, arsenic and chromium, which can be found in the soil, water and air. These metals cause severe damage to the body, especially the nervous system; its toxicity is due to the capacity of generation of free radicals and denaturation of proteins. Children are usually the most susceptible to their exposure because they have immature metabolic pathways. Among the effects that can occur, exposure to these substances has been related to learning and language deficiencies, attention deficit and deterioration in the development of cognitive function and behavior. The toxicity of mercury and lead is due to its affinity to the sulfhydryl and selenium groups that are present in enzymes, modifying their activity. For its part, arsenic interacts with the sulfur groups present in the sulfhydrylthiol groups, which have been related to genomic alterations. Due to the aforementioned, mercury, lead and arsenic are highly toxic, especially for children, in which it has been shown that there is a high ratio of low IQ to such exposure. Thus, we must not lose sight of those populations that are at risk from possible or potential contamination with these heavy metals and identify the effects that the population usually have.

Keywords: Heavy metals, children, hurt.

INTRODUCCIÓN

En México la contaminación por metales pesados va en aumento debido a las actividades humanas como la minería, los lugares más afectados en México son Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo. De estos contaminantes, los más importantes por su toxicidad son el mercurio, el plomo, el arsénico y el cromo; productos de actividades como la minería, metalurgia, agricultura y vehículos automotores, entre otros. Siendo la minería una de principales fuentes de contaminación por el mal manejo de los denominados jales (residuos), ya que para la extracción de los metales suelen utilizarse otros metales como el mercurio, proceso tras el cual los residuos generados no reciben un tratamiento adecuado y suelen ser vertidos en lagos, ríos,

mares, o depositados sobre el suelo, aunado al interés económico con el riesgo de daño a la salud y ecosistema que pueden provocar (Covarrubias y Peña-Cabriales, 2017; Rodríguez, 2017; Soto-Benavente et al., 2020). La finalidad del presente trabajo fue analizar los efectos perjudiciales de la exposición a metales pesados en los seres humanos. México posee una amplia extensión de territorio con grandes riquezas naturales usadas para el enriquecimiento de empresas privadas entre ellas las mineras, por ello la importancia de estar atentos como personal de salud a la potencialidad de toxicidad en la población de las zonas del país donde se desempeñen estas actividades.

METALES PESADOS

Existe una buena cantidad de sustancias altamente dañinas para la salud de los seres humanos, entre los que se encuentran los denominados metales pesados, entiéndase como metal pesado al elemento químico (en la tabla periódica) con una densidad mayor o igual a 4g/cm^3 , con masa y peso atómico arriba de 20g/mol , tóxicos en concentraciones bajas a la salud de los seres humanos, entre los que se encuentran mercurio, plomo, arsénico, aluminio, bario, berilio, cobalto, cobre, hierro, entre otros con propiedades físicas y químicas similares (Guo et al., 2020). Se han descrito como perjudiciales, sin embargo, algunos son esenciales en la dieta e incluso hay casos donde su deficiencia o exceso es capaz de producir problemas a la salud como son hierro, cobre, manganeso, zinc, cobalto, molibdeno entre otros; mientras que existen otros que no tienen una función fisiológica conocida en el organismo, por lo que es mejor evitarlos (Ferré-huguet, Schuhmacher, Llobet, y Domingo, 2012; Londoño-Franco et al., 2016; Rodríguez, 2017).

En base a los anterior, suele ser confuso entonces al emplear el concepto de metales pesados ya que es necesario especificar a cuáles se refiere, debido a que existen dos tipos, los necesarios para el organismo y los no necesarios, por lo que se puede ser errático, además se debe tomar en consideración un factor fundamental “la dosis” ya que como lo dicta Paracelso en su frase “Todas las sustancias son venenos, no existe ninguna que no lo sea”. La dosis marca la diferencia entre un veneno y un remedio”. Es necesario considerar cual es la cantidad útil para el organismo en los seres humanos y sus posibles interacciones. En el presente referirse a metales pesados es hablar específicamente de plomo, mercurio y arsénico en lo sucesivo.

Fuentes de exposición

Los metales pesados son tóxicos ambientales muy peligrosos cuyas características más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, todo lo cual hace que se encuentren en los ecosistemas por largos periodos, ya que su degradación natural es difícil. Son emitidos por diferentes

fuentes producto de actividades humanas como procesos industriales urbanización, actividades agrícolas con el uso de insecticidas que los contienen, así como actividades tecnológicas y mineras, siendo esta última de las principales afectando no solo a los seres humanos sino al ecosistema en general. En el mismo sentido existen en un sin número de productos de uso cotidiano para los seres humanos (Londoño-Franco et al., 2016; Rodríguez, 2017; Covarrubias y Peña-Cabriales, 2017; Soto-Benavente et al., 2020) en la Tabla 1 se aprecian algunas fuentes de contaminación en los alimentos.

TABLA 1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS ALIMENTOS.

ORIGEN CONTAMINACIÓN	METAL PESADO INVOLUCRADO
NATURAL, PROVENIENTE DEL SUELO	CADMIO, BROMO, FLÚOR, COBRE
USO DE INSECTICIDAS, DESINFECTANTES Y MEDICAMENTOS	ARSÉNICO, COBRE, PLOMO, MERCURIO
DEL SUELO ARENOSO Y ENVASE DE VIDRIO	SILICIO
POR EL EQUIPO DE PROCESAMIENTO	COBRE, HIERRO, NÍQUEL, ESTAÑO, PLOMO, ZINC
DEBIDO AL ALMACENAMIENTO	HIERRO, NÍQUEL, ESTAÑO, PLOMO, CADMIO, ESTRONCIO
POR OXIDACIÓN EN EL ENVASE	HIERRO Y COBRE
DEBIDO AL PROCESAMIENTO	COBRE, CADMIO, ARSÉNICO
SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS EN DIETAS DE ANIMALES	COBRE, CADMIO, HIERRO, ZINC, ARSÉNICO.

FUENTE: TOMADO DE ARNOLD, 1980; LONDOÑO-FRANCO ET AL., 2016

a) *Mercurio*

Es líquido a temperatura ambiente de color plateado brillante (Español Cano, 2012), existen tres formas el mercurio metálico o elemental (Hg^0), mercurio inorgánico o sales de mercurio (Hg^{+1} , Hg^{+2}) y el mercurio orgánico, cada uno tiene diferente vía de absorción y todas sus formas son tóxicas para la salud. El mercurio es considerado un contaminante en todo el mundo, que puede estar en la corteza terrestre de manera natural y ser desechado de manera indiscriminada por actividades comerciales, entre ellas la minería donde representa un 37 por ciento del mercurio de manera antropogénica (Parra et al., 2019).

El mercurio elemental es plateado, líquido a temperatura ambiente y es la forma menos tóxica, si se evapora es altamente tóxico y se almacena en el tejido graso (Bose-O'Reilly et al., 2010). El mercurio orgánico más común es el metilmercurio (MeHg) que se forma a partir de la biotransformación por microorganismos, este se encuentra en la fauna marina especialmente en peces, mariscos y mamíferos marinos. Otra forma de mercurio orgánico es el etilmercurio o timerosal; este es usado como un conservante para algunas vacunas (Poulin, Gibb, y Prüss-Üstüm, 2013). El mercurio presente en el organismo se puede medir a través de los fluidos biológicos como la sangre, la orina, cordón umbilical y pelo (Gaioli, Amoedo, y González, 2012).

b) Plomo

El plomo es un metal color gris azulado con un peso atómico de 207.2g/mol, es suave y maleable. Tiene tres isótopos con número de masa 204g/mol, 206g/mol y 207g/mol. Por decaimiento de tres elementos radiactivos se obtiene 206 Pb, de la serie de uranio, 208 Pb de la serie de Torio y 207 de la serie de Actinio. Los compuestos de plomo se siguen utilizando en distintos procesos industriales a pesar del riesgo que conlleva a la salud. Existen diversas fuentes ambientales de exposición que se encuentran presentes en todo el mundo, la principal fuente de contaminación en el siglo XX fue la gasolina, la exposición en niños es a través de juguetes en cuya pintura estaba presente y las cerámicas esmaltadas utilizadas en México (Yan et al., 2020).

Este metal puede estar en el organismo sin causar ningún síntoma, pero al incrementar la concentración puede ocasionar daños graves a la salud, hay varias fuentes de intoxicación al plomo, entre ellas son exposición al metal fundido, donde los vapores son inhalados; el plomo inorgánico presente en insecticidas y el plomo orgánico. Los niveles de plomo tóxico que puedan encontrarse en el suelo, aire y agua dependen de varios factores como el nivel de urbanización, el progreso industrial y el modo de vida. El nivel de plomo suele ser más elevado en hombres que en mujeres por factores de tabaquismo (Fuentes, 2019).

c) Arsénico

El arsénico es un metaloide que tiene propiedades de metal y de elemento no metálico, está presente en el aire, suelo y agua (ATSDR, 2007; Cabrera, Pinos, & Pulla, 2013), es de color gris plateado brillante, tiene cuatro estados de oxidación: arseniato (As^5), arsenito (As^3), arsénico (As^0) y arsina (As^{-3}). La solubilidad depende del pH, la forma más estable es el arseniato, el arsénico inorgánico es más tóxico que los orgánicos (Singh, Singh, Parihar, Singh, & Prasad, 2015). El arsénico es ubicuo en el medio ambiente por lo tanto no se puede evitar su exposición por completo ya que se encuentra regularmente en el agua y alimentos, se ha asociado la exposición de este metal con déficits en el coeficiente intelectual (Desai et al., 2020).

Efectos a la Salud

Algunos metales son esenciales para la dieta entre ellos está el zinc, pero la gran mayoría no tienen ninguna función fisiológica conocida, por lo tanto suelen ser considerados tóxicos si llegan a estar presentes en el organismo (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, y Muñoz-García, 2016). Los metales pesados poseen una gran afinidad para unirse a moléculas de tipo orgánico, uniéndose a complejos orgánicos como las proteínas,

estos no pueden ser eliminados del organismo de manera completa (Durán-Delgado, 2004). Se ha comprobado que existe una alta relación con un bajo coeficiente intelectual ante dicha exposición y suelen propiciar daño en todo el organismo siendo el sistema nervioso central el más afectado.

Las personas están expuestas a estos metales por múltiples vías entre ellas la inhalación del aire, ingestión de alimentos y agua (Guo et al., 2020). La exposición a metales como el plomo (Pb), el mercurio (Hg), cadmio (Cd), etc., puede provocar varias enfermedades, entre ellas las cardiovasculares, renales, sanguíneas, óseas y en sistema nervioso. El plomo y el arsénico pueden ocasionar lesiones cardíacas, así como cáncer. La acumulación en los tejidos provocará enfermedades asociadas a metales durante el transcurso de la vida. Las principales vías de exposición son inhalación, contacto dérmico e ingestión de polvo. Los niños están más expuestos a estas sustancias debido a su mayor contacto con el suelo (Chávez-Gómez et al., 2016; Alghamdi, et al., 2019).

d) Mercurio

El sistema nervioso central es el principal sistema afectado por el mercurio, la exposición a este metal provoca el aumento de radicales libres, aumentando el estrés oxidativo. La liberación de radicales libres ocasiona una reacción llamada peroxidación lipídica, este proceso ocurre cuando los radicales libres interactúan con las membranas celulares, produciendo metabolitos como el malondialdehído (Hoyos et al., 2012). La exposición a altos niveles de estrés oxidativo se ha relacionado con enfermedades como esclerosis lateral amiotrófica, Parkinson, Alzheimer, entre otras, generando así daños que pueden ser permanentes al sistema nervioso (Bose-O'Reilly et al., 2010). Los niños son más vulnerables al mercurio debido a que sus vías metabólicas son inmaduras y a su bajo peso en comparación de los adultos. El mercurio y sus variantes como el metilmercurio puede causar en los niños discapacidad en el desarrollo neurológico como deficiencias en el aprendizaje y en el lenguaje, déficit de atención y deterioro en el desarrollo de la función cognitiva y del comportamiento (Freire et al., 2010), asociándose a una disminución del coeficiente intelectual en niños expuestos a este metal (Poulin, Gibb, y Prüss-Üstüm, 2013).

e) Plomo

Los daños que provoca el plomo son diversos afectado a todo el organismo en especial el sistema nervioso, el renal y el hematopoyético (Concepción, 2013; Chávez-Gómez et al., 2016). Hay diversas causas que pueden favorecer la toxicidad como inmadurez de la barrera hematoencefálica (Mattalloni, De Giovanni, y Virgolini, 2014). Solo es necesaria una concentración de 10ug/dl para que un niño necesite hospitalización inmediata

se asocia con alteraciones de la función tubular como glicosuria, aminoaciduria e hiperfosfaturia, una exposición continua al metal puede ocasionar una nefropatía crónica, provoca disminución de la excreción en el ácido úrico; Sistema Cardiovascular, produce hipertensión arterial y enfermedad cerebrovascular; Sistema Sanguíneo, afecta la producción de hemoglobina causando anemia; Sistema Gastrointestinal, afecta el músculo liso del intestino generando cólico saturnino (Salas-Marcial et al., 2019); También tiene afecciones a nivel hepático ya que altera al citocromo p450; a nivel reproductivo se le ha relacionado con muerte fetal, abortos espontáneos, nacimiento prematuro (Rodríguez-Rey, Cuéllar-Luna, Maldonado-Cantillo y Suardiaz-Espinosa, 2017).

Los niños son potencialmente vulnerables a los efectos tóxicos del plomo, se cree que la exposición a plomo en la infancia aporta 600,000 casos nuevos de niños con alguna discapacidad intelectual y de ellos el 99 por ciento vive en países subdesarrollados (Sharma, Chambial, y Shukla, 2015). A nivel neurológico, el plomo afecta el sistema nervioso periférico, ya que este se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos produciendo un edema, aumentando la presión y produciendo daño axonal. Una exposición crónica al plomo produce dolor de cabeza, fatiga, irritabilidad, tartamudeos y convulsiones, así como ataxia, debilidad muscular, parálisis, afectaciones en el tacto fino y noción del tiempo, cuadros de ansiedad, alteraciones de la habilidad cognitiva, afectaciones en el comportamiento (Rodríguez-Rey, Cuéllar-Luna, Maldonado Cantillo y Suardiaz Espinosa, 2016).

El plomo tiene la facilidad de pasar a través de sangre-cerebro debido a su alta capacidad de sustituir al calcio, una vez que el plomo llega al cerebro causa daño en el lóbulo prefrontal, corteza cerebral, hipocampo y cerebelo que conduce a una variedad de trastornos neurológicos, como daño en el cerebro, retraso mental, daño en los nervios, problemas de conducta, Alzheimer, Parkinson, también inhibe los canales de iones NMDA (ácido N-metil-D-aspartico) durante el periodo neonatal. En estudios con espectroscopia de resonancia magnética se ha visto reducciones en la N-acetilaspártato creatina y ratios de fosfocreatina en el lóbulo frontal, los niños que fueron expuestos al plomo, tuvieron un aumento de pérdida neuronal (Sharma et al., 2015).

f) Arsénico

Efectos ante exposición de Arsénico. La exposición al arsénico provoca consecuencias en el sistema inmunológico, cardiovascular, digestivo, nervioso, genitourinario, eritropoyético, endocrino hepático y renal. Los efectos de su exposición pueden ser a corto plazo (en un plazo de 30 a 60 minutos), comenzando por un sabor metálico, disfagia, dolor abdominal, cólicos, diarrea, náuseas y vómitos violentos, fallo múltiple de

órganos sobre todo en el sistema cardiovascular, hepático y renal, por último, la muerte (Chávez-Gómez et al., 2016; Medina-Pizzali, Robles, Mendoza, y Torres, 2018).

Los efectos crónicos producen: 1) Sistema Nervioso: neuropatías, encefalopatías, trastornos del aprendizaje, disminución de habilidades motoras y Alzheimer; 2) Sistema Inmunológico: inhibición o proliferación de células inmunológicas e inducción a enfermedades autoinmunes; 3) Sistema Cardiovascular: lesiones cardiacas y daño al sistema vascular; 4) Sistema Renal: proteinuria y oliguria, disfunción renal, cáncer en riñón y vejiga; 5) Sistema Hematopoyético: anemia hemolítica, leucopenia, trombocitopenia y cáncer; 6) Sistema Reproductivo: infertilidad, en fetos se ha reportado retraso en el crecimiento, malformaciones y muerte; 7) Sistema Respiratorio: disfunción pulmonar, aumento de mortalidad por enfermedades respiratorias y cáncer de pulmón; 8) Sistema Hepático: hepatotoxicidad, ascitis, fibrosis hepática, fibrosis portal no cirrótica, cáncer hepático; 9) Sistema Endocrino: diabetes mellitus tipo dos y cáncer de páncreas; 10) Sistema Muscular: debilidad muscular, disminución de la movilidad funcional (Chávez-Gómez et al., 2016; Medina-Pizzali et al., 2018).

Daño neurológico por arsénico. La exposición al arsénico puede alterar la función cognitiva, sobre todo el aprendizaje y la memoria durante la infancia. La exposición al arsénico se asocia a una disminución del coeficiente intelectual de 0.4 puntos (Tyler y Allan, 2014). Las disfunciones neurológicas dependen de la concentración, momento y duración de la exposición. El arsénico se reduce en especies metiladas trivalentes y pentavalentes y se conjuga con el glutatión, esta conjugación está asociada a estrés oxidativo. Cuando el arsénico se encuentra en forma conjugada puede atravesar la placenta y llegar hasta el feto (Ramos-Chávez et al., 2015). La metilación del arsénico es un mecanismo de desintoxicación del cuerpo, este es eliminado en la orina dentro las tres a cuatro días posteriores a la metabolización. Esta capacidad de metilación les confiere a los niños un mayor riesgo de trastornos en el desarrollo, ya que los niños tienen una capacidad de metilación menor que los adultos (Charlet et al., 2012).

CONCLUSIONES

La contaminación por metales se considera un problema de salud pública que provoca daños severos en el organismo, por lo cual es de vital importancia vigilar a las poblaciones que residen cerca de algún lugar contaminado por metales, sobre todo a los niños que pueden tener mayores secuelas, ya que detectar a tiempo indicios de daños neurológicos mejoraría su calidad de vida y le ahorraría grandes costos al sector salud a futuro. La exposición a edades tempranas lleva a un gran impacto a la salud sobre todo en el estado

embrionario, ya que una alteración en el momento de la organogénesis puede producir un daño irreparable en el producto en gestación debido a que es capaz de actuar sobre el ADN. Es necesario evitar la exposición a estas sustancias o fundamentar intervenciones de apoyo en las poblaciones susceptibles a contaminantes, que permita evitar alteraciones en el neurodesarrollo e incapacidades que pueden generar problemas en la vida familiar como grandes costos económicos y sociales. Se deben dar seguimiento más estricto a las políticas públicas existentes en materia del manejo de residuos de metales para evitar la contaminación a los ecosistemas.

REFERENCIAS

- ALGHAMDI, MA., HASSAN, SK., ALZHRANI, NA., ALMEHMADI, FM., Y KHODER, MI. (2019). Risk Assessment and Implications of Schoolchildren Exposure to Classroom Heavy Metals Particles in Jeddah, Saudi Arabia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5017.
- ATSDR. (2007). Resumen de Salud Pública Arsénico Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf
- BELTRÁN-PINEDA, ME., Y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, AM. (2016). Biorremediación de Metales Pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg), Mecanismos Bioquímicos e Ingeniería Genética: Una Revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2), 172-197.
- BOSE-O'REILLY, S., MCCARTY, KM., STECKLING, N., Y LETTMEIER, B. (2010). Mercury exposure and children's health. *Current problems in pediatric and adolescent health care*. 40(8), 186-215.
- CABRERA, MA., PINOS, D., Y PULLA, MF. (2013). Arsénico en el agua. *Galileo*, 128-134. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30009/1/173-635-1-PB.pdf>
- CAÑIZARES-VILLANUEVA, R. O. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista latinoamericana de microbiología-México*. 42(3), 131-143.
- COVARRUBIAS SA. Y PEÑA-CABRIALES JJ. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33 (Especial biotecnología e ingeniería ambiental). 7-12.
- CHARLET, L., CHAPRON, Y., FALLER, P., KIRSCH, R., STONE, A. T., & BAVEYE, P. C. (2012). Neurodegenerative diseases and exposure to the environmental metals Mn, Pb, and Hg. *Coordination Chemistry Reviews*, 256(19-20), 2147-2163.
- CHÁVEZ-GÓMEZ NL., CABELLO-LÓPEZ AC., GOPAR-NIETO R., AGUILAR-MADRID G., MARIN-LÓPEZ KS., ACEVES-VALDEZ M., JIMÉNEZ-RAMÍREZ C., CRUZ-ANGULO MDC., JUÁREZ-PÉREZ CA. (2017). Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(6), 725-34.
- CONCEPCIÓN, J., LUCINDA E. (2013). Nivel de concentración del plomo en esmalte dental deciduo usando la técnica de microbiopsia en niños del centro poblado de Quichas-Oyón. *Wiener Lima*, Perú. Retrieved from <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/87/052%20ODONTOLOGIA%20CONCEPCI%C3%93N%20JAVIER%2C%20rev.%20LB%20CERRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DESAI, G., BARG, G., VAHTER, M., QUEIROLO, E. I., PEREGALLI, F., MAÑAY, N., KORDAS, K. (2020). Executive functions in school children from Montevideo, Uruguay and their associations with concurrent low-level arsenic exposure. *Environment international*. 142, 105883.

- DURÁN DELGADO, M. (2004). Caracterización de los niveles de metales pesados en efluentes industriales de la ciudad de Guayaquil. *Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Químicas*,
- ESPAÑOL CANO, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*, 32(3).
- FERRÉ-HUGUET, N., SCHUHMACHER, M., LLOBET, J., Y DOMINGO, J. (2007). Metales pesados y salud. *Mapfre Seguridad. Medio Ambiente*. 108(cuarto trimestre), 50-58. <https://app.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>
- FERRER, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del sistema sanitario de Navarra*. ISSN 1137-6627. 26(1),141-153.
- FREIRE, C., RAMOS, R., LOPEZ-ESPINOSA, M.-J., DÍEZ, S., VIOQUE, J., BALLESTER, F., Y FERNÁNDEZ, M.-F. (2010). Hair mercury levels, fish consumption, and cognitive development in preschool children from Granada, Spain. *Environmental research*. 110(1), 96-104.
- FUENTES, TR. (2019). Comportamiento del plomo sérico en niños expuestos de la ciudad de Camagüey. *Revista Archivo Médico de Camagüey*. 23(1), 64-74.
- GAIOLI, M., AMOEDO, D., Y GONZÁLEZ, D. (2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos argentinos de pediatría*. 110(3), 259-264.
- GUO, J., WU, C., ZHANG, J., QI, X., LV, S., JIANG, S., CHANG, X. (2020). Prenatal exposure to mixture of heavy metals, pesticides and phenols and IQ in children at 7 years of age: The SMBCS study. *Environment international*. 139, 105692.
- HOYOS, CLA., GONZÁLEZ, FC., WILCHES, N., ÁLVAREZ, DM., Y CORNEJO, JW. (2012). Asociación entre las concentraciones de malondialdehído (MDA) y las alteraciones neurológicas en personas expuestas ocupacionalmente a mercurio. *Revista Ciencias de la Salud*. 10, 17-28.
- LONDOÑO-FRANCO, LF., LONDOÑO-MUÑOZ, PT., & MUÑOZ-GARCÍA, FG. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 14(2), 145-153.
- MATTALLONI, M., DE GIOVANNI, L., Y VIRGOLINI, MB. (2014). ¿Algo de plomo es demasiado plomo para los organismos en desarrollo?(Is a trace of lead too much lead for developing organisms?). *Bitácora Digital*. 2(4), 1-4.
- MEDINA-PIZZALI, M., ROBLES, P., MENDOZA, M., Y TORRES, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 35, 93-102.
- PARRA, RMP., GUERRERO, MNM., GARCÍA, OEP., GÓMEZ, YO., Y CRIOLLO, SMD. (2019). Niños y adolescentes expuestos ambientalmente a mercurio, en diferentes municipios de Colombia. *Salud UIS*. 51(1), 43-52.
- POULIN, J., GIBB, H., Y PRÜSS-ÜSTİM, A. (2013). Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Organización Mundial de la Salud. *Serie Carga de Morbilidad Ambiental*. 16, 1-75.
- QUIÑONES, VA., GOSSET, OG. Y CARBONEY, CA. (2014). Arsénico y salud. *Salud Pública de México*. 21(2), 187-197.
- RAMOS-CHÁVEZ, LA., RENDÓN-LÓPEZ, CR., ZEPEDA, A., SILVA-ADAYA, D., DEL RAZO, LM., Y GONSEBATT, ME. (2015). Neurological effects of inorganic arsenic exposure: altered cysteine/glutamate transport, NMDA expression and spatial memory impairment. *Frontiers in cellular neuroscience*. 9, 21.
- RODRÍGUEZ HD. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*. 21(12):3372
- RODRÍGUEZ REY, A., CUÉLLAR LUNA, L., MALDONADO CANTILLO, G., Y SUARDIAZ ESPINOSA, ME. (2017). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 35(3), 251-271.

- 
- SALAS-MARCIAL, C., GARDUÑO-AYALA, MA., MENDIOLA-ORTIZ, P., VENCES-GARCÍA, JH., ZETINA-ROMÁN, VC., MARTÍNEZ-RAMÍREZ, O., Y RAMOS-GARCÍA, MD. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 20(1), 1-9.
- SHARMA, P., CHAMBIAL, S., Y SHUKLA, KK. (2015). Lead and Neurotoxicity. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 30(1), 1-2
- SINGH, R., SINGH, S., PARIHAR, P., SINGH, VP., Y PRASAD, SM. (2015). Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*. 112, 247-270.
- SOTO-BENAVENTE M., RODRÍGUEZ-ACHATA L., OLIVERA M., AROSTEGUI SV., COLINA NC., GARATE QJ. (2020). Riesgos paa la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas para la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*. 11(1):49-59.
- TYLER, CR., Y ALLAN, AM. (2014). The effects of arsenic exposure on neurological and cognitive dysfunction in human and rodent studies: a review. *Current environmental health reports*. 1(2), 132-147.
- YAN, Y., YANG, S., ZHOU, Y., SONG, Y., HUANG, J., LIU, Z., WEI, S. (2020). Estimating the national burden of mild intellectual disability in children exposed to dietary lead in China. *Environment international*. 137, 105553.