

DOI:10.18684/BSAA(14)145-153

# LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL

## RISK OF HEAVY METALS IN HUMAN AND ANIMAL HEALTH

## RISCO DE METAIS PESADOS NA SAÚDE HUMANA E ANIMAL

LUIS FERNANDO LONDOÑO-FRANCO<sup>1</sup>, PAULA TATIANA LONDOÑO-MUÑOZ<sup>2</sup>,  
FABIÁN GERARDO MUÑOZ-GARCÍA<sup>3</sup>

### RESUMEN

*Este trabajo consiste en un estudio sobre los metales pesados y el riesgo potencial que pueden representar en la salud del hombre y los animales, incluyendo la cadena trófica. Con el fin de contribuir al conocimiento y sentar bases sobre la situación de estos contaminantes en nuestro medio. Sin lugar a dudas las explotaciones mineras, la contaminación del suelo, el agua, las plantas y animales por cuenta de la industrialización, los fertilizantes, insecticidas químicos y otras actividades propias del desarrollo de las sociedades actuales han propiciado el aumento exagerado de metales pesados: mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), entre otros y como consecuencia directa la contaminación. Además sumado a factores como: el cambio climático, el efecto invernadero, la deforestación, la pérdida de recursos naturales en flora y fauna han aumentado la amenaza de los metales pesados en la naturaleza. El objetivo consiste en examinar los metales pesados en cuanto su origen, distribución, usos generales y principales alteraciones sobre el ambiente, afectando además la salud humana y animal. A fin de propiciar mayor concientización e investigación sobre el tema, que conlleve a la disminución de los riesgos de los metales pesados en los ecosistemas.*

---

**Recibido para evaluación:** 3 de Febrero de 2015. **Aprobado para publicación:** 18 de Mayo de 2016.

1 Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo Gestiaagro. PhD. Medellín, Colombia.

2 Universidad Tecnológica de Pereira. MD. Pereira, Colombia.

3 Universidad Antonio Nariño, Facultad de Veterinaria, Grupo Salud Animal. MsC. Popayán, Colombia.

**Correspondencia:** [lflondono@elpoli.edu.co](mailto:lflondono@elpoli.edu.co)

## ABSTRACT

*This work is a study of heavy metals and the potential risk they may pose to the health of humans and animals, including the food chain. In order to contribute to knowledge and lay foundation on the situation of these pollutants in our environment. Undoubtedly the mining, pollution of soil, water, plants and animals on behalf of industrialization, fertilizers, chemical insecticides and other activities for the development of modern societies have led to an inordinate increase of heavy metals: mercury (Hg), lead (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), chromium (Cr), among others, and as a direct result of pollution. Furthermore it added to factors such as climate change, the greenhouse effect, deforestation, loss of natural resources in flora and fauna have increased the threat of heavy metals in nature. The aim is to examine the heavy metal as its source, distribution, general purposes and major alterations on the environment, also affecting human and animal health. To promote greater awareness and research on the subject, which may lead to reduced risks of heavy metals in ecosystems.*

## RESUMO

*Este trabalho é um estudo de metais pesados e o risco potencial que pode representar para a saúde dos seres humanos e animais, incluindo a cadeia alimentar. A fim de contribuir para o conhecimento e estabelecer bases sobre a situação destes poluentes em nosso ambiente. Sem dúvida, a mineração, a poluição do solo, água, plantas e animais em nome da industrialização, fertilizantes, inseticidas químicos e outras atividades para o desenvolvimento das sociedades modernas têm levado a um aumento excessivo de metais pesados: o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), arsénio (As), cádmio (Cd), cobre (Cu), crómio (Cr), entre outros, e como um resultado directo da poluição. Além disso adicionado a fatores como as alterações climáticas, o efeito estufa, desmatamento, perda de recursos naturais na flora e na fauna aumentaram a ameaça de metais pesados na natureza. O objetivo é examinar o heavy metal como sua fonte, distribuição, propósitos gerais e principais alterações no meio ambiente, afetando também a saúde humana e animal. Para promover uma maior conscientização e pesquisa sobre o assunto, o que pode levar a riscos reduzidos de metais pesados em ecossistemas.*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal [1].

La presencia en un alto porcentaje de metales pesados como: el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática mencionada. Por ejemplo, en diferentes regiones de Colombia son frecuente los reportes de metales pesados

## PALABRAS CLAVE:

Enfermedades, Salud Pública, Xenobióticos.

## KEYWORDS:

Diseases, Public Health, Xenobiotics.

## PALAVRAS- CHAVE:

Xenobióticos, Saúde Pública, Doenças

asociados a la industria, producción agrícola y minería así: mercurio en fuentes de agua, quebradas, lagunas de Meta, Boyacá, Antioquia. Arsénico en cultivos de hortalizas y legumbres en Nariño, diversos vegetales y aguas contaminadas con plomo y mercurio en el Chocó, uso indiscriminado de cientos de toneladas de mercurio y cianuro en explotación minera, especialmente de oro en el Nordeste y Bajo Cauca (Antioqueño), Marmato (Caldas) y en más de 500 minas en todo el país (noticias; prensa, televisión y radio regional y nacional, 2.010 al 2.014). Asimismo otros países reportan presencia de metales pesados en peces y camarones en Indonesia, Japón, México y Chile, cerdo contaminado con plomo proveniente de Australia, salmón fresco con niveles peligrosos de plomo y cadmio en Noruega y Rusia reporta materias primas para fabricación de alimentos contaminadas con zinc provenientes de China [2].

Por otra parte recientes estudios informan que hoy en día tenemos de 400 a 1.000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales. El plomo tiene graves efectos en diferentes órganos y en el cerebro afecta el desarrollo y capacidad mental de los niños [3].

No obstante es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de estos metales, por ejemplo (cobre, zinc, hierro, etc.) para varias funciones biológicas. Sin embargo una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo [4, 5, 6]. Y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son sólo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman, por ejemplo el metilmercurio [7]. Además las interacciones entre los metales y sus efectos tóxicos pueden complicar las enfermedades. Así por ejemplo, el cadmio interfiere con el zinc, cobre, hierro, manganeso y calcio. Mientras que el cobre interactúa con el hierro, molibdeno, azufre y zinc. Y el plomo con el calcio [8].

### Definición de metales pesados y características generales

Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), es-

taño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) [9,10].

En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, por ejemplo el organismo requiere de hierro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Otros en cambio no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre [11,12].

### Origen y distribución de los metales pesados estudiados

Se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas [13, 14]. A continuación se indican posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados.

**Cuadro 1.** Fuentes de contaminación de metales 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. Adaptado de Arnold, 1980.

## Características generales de los metales pesados

**Cadmio.** Es relativamente raro en la naturaleza se asocia al zinc. Es de color blanco ligeramente azulado. Peso atómico 112 y densidad relativa 8. Tiene ocho isótopos estables y presenta once radioisótopos inestables de tipo artificial [15, 16].

Naturalmente no se encuentra en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinado de los minerales de zinc. Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Bélgica, Luxemburgo y República de Corea son productores importantes [17].

El cadmio se usa en pinturas, plásticos, pilas, baterías, abonos, soldaduras, asbestos, pigmentos, barras (reactores nucleares), farmacéutica, fotografía, vidrio, porcelana, etc. [18].

Para la mayoría de los seres vivos la principal fuente de exposición al cadmio son los alimentos y el agua [19], pequeñas partículas de cadmio son absorbidas por el aparato respiratorio, especialmente en trabajadores de la industria del cadmio y en personas expuestas al humo del tabaco [20]. En animales, los rangos de absorción son muy diversos, pero más bajos que en humanos. Las especies con dieta vegetal son los de mayor acumulación de cadmio, debido a que los alimentos ricos en fibra como cereales, vegetales y papas contribuyen a una mayor exposición [21].

La Organización Mundial de la Salud (2.013) menciona que la presentación y severidad de los signos, síntomas y alteraciones en el organismo se relaciona con las cantidades, el tiempo de exposición y con la vía de entrada del metal. En exposición crónica se observa anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos (cefalea, vértigo, alteración del sueño, temores, sudoración, paresia, contracciones musculares involuntarias), pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata y pulmón. En intoxicación aguda hay neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, dolor abdominal, diarrea, fallo renal, y finalmente puede ocurrir aberraciones cromosómicas, efectos teratogénicos y congénitos. En riñón (túbulos renales) se puede acumular hasta por 30 años [22, 23, 24].

En toros de un centro de inseminación sometidos a dietas con elevados niveles de cadmio presentaron: inapetencia, debilidad, pérdida de peso, anemia hemolítica, disminución de la libido y trastornos en la queratinización de pezuñas y cuernos. La administración de dosis elevadas de cadmio (50-100 ppm) en la dieta en ganado ovino y bovino durante 49 semanas produjo abortos y fetos muertos o morían al nacer y además presentaban anomalías congénitas [25].

En la mayoría de los órganos se observa hiperqueratosis del epitelio del estómago y anomalías degenerativas [26].

**Arsénico.** Número atómico es 33, se distribuye ampliamente en la naturaleza, peso atómico 74. Tiene 17 nucleídos radiactivos. La forma metálica es conductor térmico y eléctrico fácil de romper y de baja ductibilidad [27].

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel, anticorrosivos, vidrio, cerámica, pinturas, pigmentos, medicamentos. En alimentación animal como factor de crecimiento, gases venenosos de uso militar, etc. [28, 29].

Los síntomas agudos aparecen de tres a cinco días después de exposición a niveles elevados de arsénico, los síntomas incluyen incoordinación, ataxia, transcurridos unos pocos días cerdos y aves pueden aparecer paralizados, aunque seguirán comiendo y bebiendo, también hay ceguera y eritema cutáneo en animales albinos. Los terneros presentan síntomas gastrointestinales [30].

En humanos la toxicidad crónica con arsénico causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones vasculares en sistema nervioso e hígado. Las complicaciones agudas aparecen por exposición a dosis elevadas y pueden ser letales, sus primeros efectos suelen ser fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia [31, 32].

El arsénico está clasificado en el grupo I de sustancias cancerígenas por la IARC. Los tipos de cáncer afectan la piel (basilioma y carcinoma de células escamosas),

pulmón (carcinoma broncogénico), hemangiosarcoma hepático, linfoma y cáncer de vejiga, riñón y nasofaringe [33].

**Plomo.** Número atómico 82, peso atómico 207, color azulado, Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos [34].

En la industria, los compuestos más importantes son óxidos y tetraetilo de plomo, forma aleaciones con estaño, cobre, arsénico, bismuto, cadmio y sodio

El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo [35].

Se usa como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, en monitores de computadores y pantallas de televisión, joyería, latas de conserva, tintes para el pelo, grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, plumadas, armamento, radiación atómica, insecticidas, etc. [36].

La absorción de plomo es un grave riesgo de salud pública; provoca retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La intoxicación se debe a la ingestión accidental de compuestos de plomo o a la ingestión por parte de los animales de forrajes o alimentos con plomo, procedentes de áreas ambientalmente contaminadas [37].

La absorción de plomo por vía oral es cerca al 10% en adultos y se puede incrementar hasta 50% en niños. El plomo absorbido se distribuye en riñón, hígado, encéfalo y huesos por semejanza con el calcio. El mayor depósito de plomo son los huesos hasta por 20 años; interfiere en la función del calcio, inhibe la síntesis de hemoglobina y causa daño neurológico [38].

Los efectos agudos en sistema nervioso central consisten en parestesia, dolor y debilidad muscular, crisis hemolítica-anemia grave y hemoglobinuria. También afecta riñones con oliguria y albuminuria. Aunque la intoxicación aguda puede causar la muerte, es más frecuente que el paciente se recupere y presente intoxicación crónica con daño gastrointestinal, neuromuscular, nervioso, hematológico, renal y reproductivo [32, 39].

A nivel gastrointestinal hay anorexia, cefalea, estreñimiento, espasmo intestinal y dolor abdominal. Los síntomas neuromusculares presenta debilidad muscular y cansancio seguida de parálisis de músculos del antebrazo, muñeca y dedos de la mano y algunas veces pies, estos síntomas eran característicos de enfermedad de pintores, en la actualidad la sustitución de pigmentos con plomo y las mejoras en las condiciones de seguridad e higiene industrial están propiciado la desaparición de esta intoxicación [40].

Los primeros síntomas de encefalopatía en niños son letargo, vómitos, irritabilidad, pérdida de apetito y mareos, que avanzan hasta desembocar en ataxia, reducción de la consciencia provocando finalmente coma y muerte. La tasa de mortalidad por encefalopatía debida a plomo es alta aproximadamente 25%, muchos de los pacientes que se recuperan quedan con secuelas, entre ellas retraso mental, convulsiones y atrofia óptica.

La exposición al plomo se ha asociado con esterilidad y muerte neonatal en personas. En animales se ha demostrado efecto tóxico sobre los gametos y aumento de la concentración de plomo en sangre materna, que reduce la duración de la gestación y de peso al nacimiento de las crías [41].

El plomo puede desencadenar efectos teratogénicos en sistema nervioso del feto e interferir con su desarrollo normal. El plomo y sus compuestos están clasificados en el grupo 2B, probablemente cancerígenos para el hombre (IARC).

**Cobre.** Número atómico 29, es un metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, eléctricas, físicas y mecánicas, además de su abundancia. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Tiene dos isótopos naturales estables <sup>63</sup>Cu y <sup>65</sup>Cu y nueve isótopos inestables (radiactivos). De cientos de compuestos fabricados de manera industrial, el más importante es el sulfato de cobre.

El cobre se usa en equipo eléctrico, maquinaria industrial, construcción, en aleaciones de bronce: latón, níquel, clavos, pernos, objetos decorativos, tuberías, techos, monedas, utensilios de cocina, joyería, muebles, maquillaje, pinturas, instrumentos musicales y medios de transporte. Además el sulfato de cobre es uno de los primeros compuestos utilizados en alimen-

tación animal como pesticidas, las sales de cobre poseen efectos fungicidas y algicidas [42].

La exposición aguda por ingestión del sulfato de cobre puede producir necrosis hepática y muerte. La exposición crónica de alimentos conservados en recipientes de cobre genera lesión hepáticas en niños [43].

Algunos efectos de intoxicación son: hemólisis letal en vacas lecheras a dosis de 38 mg/kg PV. El ganado ovino es la especie más sensible a la intoxicación, tolera apenas 25 mg/kg PV. Tanto en los casos agudos como en crónicos la mortalidad se acerca al 100%. En bovinos consumos de 220 a 880 mg/kg de peso corporal pueden causar la muerte [44, 45].

Altas concentraciones de sales solubles de cobre conllevan a coagulación proteica e inflamación severa de mucosa digestiva, si el animal sobrevive desarrollará hemólisis intravascular. Las muertes rápidas se deben a insuficiencia hepática, mientras que los decesos tardíos se producen por insuficiencia renal. No existe evidencia de efectos cancerígenos del cobre o sus compuestos por ninguna vía de exposición.

Puede generar diversas alteraciones como: anemia hipocrómica, disminuye la tasa de crecimiento, diarreas, cambios de coloración del pelo o de lana, ataxia neonatal, alteración del crecimiento, infertilidad temporal e insuficiencia cardiaca [46, 13].

**Mercurio.** Número atómico 80 y peso atómico 200. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente. El mercurio forma soluciones- amalgamas con otros metales (oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio), se encuentra comúnmente como sulfuro, también como rojo de cinabrio, en menor abundancia metalcinabrio negro y el menos común cloruro de mercurio.

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire, por consiguiente no puede mojar la superficie con la cual esté en contacto.

Se usa en empastes dentales, fabricación de pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos (baterías, conmutadores), pinturas, catálisis, agricultura (fungicidas, pesticidas), productos farmacéuticos, pulpa, papel [47], cosméticos, cremas y jabones para la piel y drogas herbales, termómetros clínicos [48]. Y en minería de oro, cobre, plata y carbón cientos de

toneladas, por su facilidad de formar amalgamas y así extraerlos fácilmente.

La intoxicación crónica por mercurio se presenta temblores, hipertrofia de tiroides, taquicardia, gingivitis, cambios en la personalidad, eretismo, pérdida de memoria, depresión severa, delirios y alucinaciones. Los tres rasgos más usados para reconocer la enfermedad profesional en la industria son la excitabilidad, los temblores y la gingivitis [48].

Además, hay daño renal por exposición crónica al mercurio, efectos reversibles, que cesan cuando la persona evita exponerse. Los vapores de mercurio se absorben en la circulación sanguínea pulmonar y sistema nervioso central, los principales efectos del metilmercurio en adultos son neurológicos, mientras que la exposición durante el embarazo provoca la aparición de lesiones congénitas del sistema nervioso [48].

La neurotoxicidad se manifiesta con temblores y *pérdida de sensibilidad* en dedos de ambas extremidades, ataxia, pérdida de visión y audición, espasmos y finalmente coma y muerte [49].

En los animales las sustancias mercuriales inorgánicas provocan coagulación de mucosa digestiva y gastroenteritis, si los animales sobreviven habrá lesiones en riñón (nefrosis), el colon (colitis) y la boca (estomatitis).

En animales se altera la función renal, presión sanguínea, ritmo cardiaco y digestivo. Además afecta la fertilidad, incrementa el índice de abortos y provoca alteraciones en fetos y recién nacidos [50].

La inhalación de altas concentraciones de mercurio puede provocar bronquitis corrosiva y neumonías agudas que causan la muerte. La exposición crónica ocasiona daños al sistema nervioso central.

Los efectos teratogénicos son devastadores, la exposición del feto provoca alteración del desarrollo y migración de neuronas causando la disrupción de la arquitectura normal del cerebro [51].

Los compuestos de metilmercurio se clasifican en el grupo 2B posiblemente cancerígenos para el hombre [51].

En el cuadro 2 se presenta algunos accidentes tóxicos por metales pesados.

**Cuadro 2.** Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial.

Año	Sitio	Caso	Muer-tos	Heridos
1900	Man-chester, Inglaterra	Arsénico en la cerveza	70	6.000
1960	Tailandia, India, Bangladesh, Taiwán	Uso de aguas subterráneas para agricultura contaminadas con altos niveles de As		>70 millones
1968	Irak	Contaminación organomercurial en el pan (cereales)	500	> 5.000
1960	Bahía Minamata Japón	Peces contaminados con metilmercurio	3.000	> 10.000
1975	USA	Niños-diversos grados de intoxicación pinturas con plomo	200	800 daño cerebral > 400.000
1945	Japón	Intoxicación masiva con cadmio, por consumo de arroz y agua contaminada	300	> 1.000
1970	Japón	Enfermedad Itai-Itai por cadmio	180	7.000
1984	Bhopal, India	Fuga de metil isocianato	>2.500	>10.000

## CONCLUSIONES

La presencia de metales pesados en el ambiente y los alimentos de acuerdo con lo descrito pueden desencadenar diversas intoxicaciones causando daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte.

Es importante considerar, que elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos ocasionando diversas patologías.

Asimismo es prioritario que el ser humano se concientice por proteger y conservar el ambiente de los enemigos silenciosos "*metales pesados*", antes de que sea demasiado tarde, por ello se requiere con urgencia disminuir las cantidades de metales pesados en la industria, en la minería, en el sector agropecuario y más aún, en los casos que no sean de mayor utilidad.

Finalmente consideramos pertinente unir sinergias o esfuerzos por parte del sector privado y oficial, así como de universidades y centros de investigación para adelantar trabajos conducentes a explorar e investigar otras sustancias o metales menos tóxicos que reemplacen o minimicen el impacto de los metales pesados descritos en este trabajo para bien de la salud pública y el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- [1] WAISBERG, M., JOSEPH, P., HALE, B. and BEYERSMANN, D. Molecular and celular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 3(4), 2013, p. 95-117.
- [2] SINGH, A., SHARMA, R.K., AGRAWAL, M. and MARSHALL, F.M. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 2012, p. 611-619.
- [3] ALBERTO, A.D. Catice de Valencia Secretaría de Estado de Comercio. Normas y valores de metales pesados en los alimentos en varios países e instituciones. 1 Ed. Madrid (España): Mundo prensa, 2014, 145 p.
- [4] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Inorganic Mercury. *IPCS Environment Health Criteria*, 118(1), Ginebra (Suiza): 1980, 92 p.
- [5] MOLINA, C., IBAÑEZ, C. y GIBON, F.M. Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó, Oruro, Bolivia): posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología*, 47(2), 2013, p. 99-118.
- [6] HERNÁNDEZ, A. y HANSEN, A. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(1), 2012, p. 115-127.
- [7] ABRAHAMS, P.W. Soils: their implication to human health. *Science of the Total Environment*, 29(1), 2012, p. 1-32.

- [8] SANTOS, E.E., LAURIA, D.C., PORTO, D.A. and SILVEIRA, C.L. Assesment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Science of the Total Environment*, 2(3), 2012, p. 327-349.
- [9] SHIMADA, A.M. *Nutrición animal*. 3 Ed. México (México): Trillas, 2005, 388 p.
- [10] CONCON, J.M. Heavy metals in food. In: *Food Toxicology, Part B: Contaminents and Additives*. New York, Dekker, 3(4), 2009, p.1043-1045.
- [11] ROBARDS, K. and WORSFOLD, P. Cadmium: toxicology and analysis – a review. *Analyst*, 3(1), 2011, p. 549-568.
- [12] INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS). *Environmental health criteria: Copper*. Geneva: World Health Organization. Ginebra (Suiza): 118(1), 2002, p. 234-252.
- [13] GARCÍA, J., MÉNDEZ, J., PÁSARO, E. and LAFFON, B. Genotoxic effects of lead: An updated review. *Environment International*, 2(4), 2012, p. 623–636.
- [14] DWIVEDI, S.K., SWARUP, D. and DEY, S. Lead poisoning in cattle and buffalo near primary lead-zinc smelter in India. *Veterinary Toxicol*, 2(1), 2011, p. 74-75.
- [15] PERIS, M.M. Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (España) [PhD. Tesis, Ingeniera Química]. Valencia (España): Universidad de Valencia, Facultad de Ingeniería, 2006, 247 p.
- [16] ZAMORA, F., RODRÍGUEZ, N., TORRES, R.D. y YENDIS, H. Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro. Estado Falcón (Venezuela): *Bioagro*, 2008, p. 193-199.
- [17] EURACHEM, GUIDE. *The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. 2 ed. Ohio (USA): 2014, p. 52-73.
- [18] WASSON, S.J., LINAK, W.P., GULLETT, B.K., KING, C.J., TOUATI, A., HUGGINS, F.E., CHEN, Y., SHAH, N. and HUFFMAN, G.P. Emission of chromium, copper, arsenic and PCDD's/Fs from open burning of CCA-treated wood. *Environmental Science Technology*, 3(5), 2005, p. 8865-8876.
- [19] ROGERS, J.M., STEWART, M., PETRIE, J.G. and HAYNES, B.S. Deporment and management of metals produced during combustion of CCA-treated timbers. *Hazard Material*, 2(4), 2012, p. 500-505.
- [20] HERNÁNDEZ, A. Determinación de metales pesados en suelos de Natividad Ixtlán de Juárez Oaxaca [Tesis de Licenciatura]. Oaxaca (México): Universidad de la Sierra, Facultad de Ingeniería, 2011, 87 p.
- [21] DICKSON, T.R. *Química Enfoque Ecológico*. 2 ed. México D.F. (México): Limusa, Noriega Editores, 2013, 102 p.
- [22] INTERNATIONAL LEAD ASSOCIATION (ILA). *Agency International Lead* ([online]. 2013. Disponible: <http://www.ila-lead.org/>. [Citado 26 de Julio de 2014].
- [23] JÄRUP, L., HELLSTROM, L., ALFVEN, T., CARLSSON, M.D., GRUBB, A., PERSSON, B., PETTERSSON, C., SPANG, G., SCHÜTZ, A. and ELINDER, C.G. Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the Oscar study. *Occupational and Environmental Medicine*, 3(6), 2012, p. 668-672.
- [24] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Cadmium. Environmental health criteria*. Geneva (Italy): 2008, p.119-137.
- [25] GOODMAN y GILMAN. *Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica*. 11 ed. Madrid (España): Interamericana Editores, 2013, 2017 p.
- [26] CARVAJAL, S., RODRIGUEZ, D. y PEÑUELA, G. Determinación de los niveles de cadmio en leches crudas usando un biosensor amperométrico. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(1), 2012, p. 92-102.
- [27] AGENCIA CATALANA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA (ACSA). *Reevaluación de sustancias. Cadmio*. Departamento de Salud Pública [online]. 2009. Disponible: <http://www.gencat.cat/salut/acsa/> [Citado 18 de Diciembre de 2014].
- [28] MELANEN, M., EKQVIST, M., MUKHERJEE, A.B., AUNELA-TAPOLA, L., VERTA, M., SALMIKANGAS, T. and RASKASMETALLIEN, P.I. *SUOMES- SA 1990-luvulla (Atmospheric emissions of heavy metals in Finland in the 1990s)*. *Suomen Ympäristö*, 1(3), 2012, p. 1-92.
- [29] PEREIRA, J.F., PEREIRA, L.F. and SCHMIDT, L. Metals determination in milk powder samples for adult and infant nutrition after focused-microwave induced combustion. *Microchemical Journal*, 2(2), 2013, p. 29–35.
- [30] CINTIA, H.S. Estudio de acumulación de metales pesados en los sedimentos de jaulas de peces de crianza y en puertos de la isla de Tenerife [Ph.D. Tesis Agronomía]. Tenerife (Es-



- paña): Universidad de la Laguna, Facultad de Agronomía, 2013, 165 p.
- [31] MORENO, G.D. Toxicología Ambiental. 1 ed. Madrid (España): Interamericana de editores, 2013, 361 p.
- [32] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Inorganic Lead. Environmental Health Criteria. Geneva (Suiza): 2005, 165 p.
- [33] CASEY, C.E., SMITH, A. and ZHANG, P. Microminerals in human and animal milk. In: Handbook of milk composition. 1 ed. New York (USA): Academic Press, 2010, p. 543-575.
- [34] HARDMAN, J.G., LIMBRID, L.E., P.B., MOLINOFF, R.W., RUDDON, GOODMAN, A. and GILMAN, A. G. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 9 ed. Nueva York (USA): Mc Graw-Hill, 2011, 532 p.
- [35] RAHIMI, E. Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. Food Chemistry, 2013, p. 389-391.
- [36] LANPHEAR, B.P., DIETRICH, K.N. and AUINGER, P.C. Cognitive deficits associated with blood lead concentration  $<10 \mu\text{g/dL}$  in: U.S. children and adolescents. Pub Health, 4(1), 2012, p. 521-529.
- [37] AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE CONTROL. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Washington (USA): Servicio de Salud Pública, 2011, 269 p.
- [38] INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Environmental health criteria: Copper. Geneva (Suiza): World Health Organization, 1998, 104 p.
- [39] MCRILL, C., BOYER, L.V., FLOOD, T.J. and ORTEGA, L. Mercury toxicity due to the use of a cosmetic cream. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 3(3), 2013, p. 4-7.
- [40] REY-CRESPO, F., MIRANDA, M. and LÓPEZ-ALONSO, M. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW (Spain). Food and Chemical Toxicology, 2(3), 2013, p. 513-518.
- [41] TAVAKOLY, B., SULAIMAN, A.H., MONAZAMI, G.H. and SALLEH, A. Assessment of Sediment Quality According to heavy metal status in the West Port of Malaysia. Engineering and Technology, 3(2), 2011, p. 633-637.
- [42] REPETTO, M. y SANZ, P. Toxicología de los metales. En: M. REPETTO. Postgrado en Toxicología. 1 ed. Sevilla (España): Ilustre Colegio oficial de Químicos, 2012, 192 p.
- [43] RAMAKRITINAN, C.M., CHANDURVELAN, R. and KUMARAGURU, A.D. Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks: *Cerithedia cingulata* G, and *Modiolus philippinarum* H. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 2(1), 2012, p. 141-145.
- [44] INTERNATIONAL CADMIUM ASSOCIATION [online]. 2011. Disponible: <http://www.cadmium.org> [Citado 14 de Octubre de 2014].
- [45] BILANDŽIĆ, N., DOVIĆ, M. *et al* and SEDAK, M. Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. Food Chemistry, 4(2), 2012, p. 63-66.
- [46] DHIR, B. and KUMAR, R. "Adsorption of Heavy Metals by *Salvinia* Biomass and Agricultural Residues". Journal of Environmental, 4(3), 2012, 427 p.
- [47] ARTHINGTON, J.D. Trace mineral nutrition and immune competence in cattle. Proceedings of 64th Annual Minnesota Nutrition Conference. Minneapolis (USA): 2013, 106 p.
- [48] SOO, Y.O., CHOW, K.M., LAM, C.W., LAI, F.M., SZETO, C.C., CHAN, M.H. and LI, P. Whitened face woman with nephritic syndrome. American Journal Kidney, 4(3), 2013, 250 p.
- [49] LI, A.M., CHAN, M.M., LEUNG, T.F., CHEUNG, R.K. and LAM, T.F. Mercury intoxication presenting with tics. Archives Health Children, 83(1), 2010, p. 174-175.
- [50] ACOSTA, N.M., CASTILLA, Y. y CORTES, M. Identificación de riesgos químicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Ministerio de salud y Protección Social. Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos. 1 ed. Bogotá (Colombia): Instituto Nacional de Salud, 2011, 248 p.
- [51] SHOEMARKER, P.A. and GHAEMGHAMI, J. Protecting the public from mercury exposure: success through microexchange events. American Journal Public Health, 5(2), 2003, p.1997-1999.