



Determinación de Cadmio proveniente de humos metálicos en ambientes de trabajo dedicados a la soldadura

Determination of Cadmium in environments of work dedicated to welding

Diana Gómez Marrugo¹.; Jorge Puello Silva¹.; Glicerio León Méndez¹.; Neider Altamiranda Durango¹.; Deisy León Méndez²

¹ Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cartagena, Bolívar, Colombia.

². Grupo de Investigación de Biotecnología e Innovación (GIBEI), Centro de Comercio y Servicios, Sena, regional Bolívar. Cartagena, Bolívar, Colombia.

Resumen

La soldadura genera alto grado de riesgo a la salud de los trabajadores debido a la emisión de humos metálicos, los cuales poseen una variada composición y concentración de metales tanto pesados como no pesados. Otros factores de riesgo son el tiempo de exposición y las condiciones higiénicas de los lugares de trabajo, los cuales pueden influenciar para que estos efectos puedan ser agudos o crónicos. Es por ello que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la concentración de cadmio en ambientes de trabajo dedicados a la soldadura. Para ello se tomaron muestras de aire en 15 empresas dedicadas a soldadura. Como resultado se hallaron diferentes concentraciones de Cd, de estas solo una empresa supera el valor límite umbral (TLV) de 0,01 mg Cd/m³ en aire respirable en una jornada laboral de 8 horas, mientras que el resto estuvieron por debajo de dicho nivel. Estas concentraciones oscilan debido a diferentes factores tales como la carga de trabajo, el uso de los diferentes electrodos, etc. Estos resultados indican que no existe un riesgo a corto plazo por la inhalación de Cd, pero si se podrían presentar afecciones en la salud de los trabajadores a mediano y corto plazo por efectos de la bioacumulación en tejidos corporales tales como pulmones e hígado.

Palabras clave: Cadmio, soldadura, salud, seguridad ocupacional.

Abstract

Welding processes generate a high degree of risk to the health of the workers due to the emission of metallic fumes, which have a varied composition and concentration of both heavy and non-heavy metals. Other risk factors are exposure time and hygienic conditions of work places, which can influence so that these effects can be acute or chronic. That is why the aim of this research was to evaluate the concentration of cadmium in work environments dedicated to welding from metallic fume. For this, air samples were taken in 15 companies dedicated to welding. As a result, different concentrations of Cd were found, of which only one company exceeds the threshold limit value (TLV) of 0.01 mg Cd / m³ in breathable air in an 8-hour working day, while the rest were below that threshold level. These concentrations fluctuate due to several factors such as workload, the use of different electrodes, etc. Results indicate that there is no short-term risk due to the inhalation of Cd, but there could be health problems for workers in the medium and short term due to bioaccumulation effects in body tissues such as lungs and liver.

Key words: Cadmium, welding, health, occupational safety.

INTRODUCCIÓN

El cadmio (cadmia en latín y en griego *kadmeia*, significa “*calamina*”, nombre que recibía antiguamente el carbonato de cinc) fue descubierto en Alemania en 1817 por Friedrich Stromeyer como una impureza en el carbonato de cinc (ATSDR, 2008). El cadmio (Cd), es un metal pesado que se obtiene como subproducto del procesamiento de metales como el zinc (Zn) y el cobre (Cu). Utilizado actualmente a nivel mundial en aplicaciones metalúrgicas (Martínez-Flores *et al* 2012). En este mismo contexto, los talleres de soldaduras son una de las fuentes principales de exposición a metales pesados durante la aleación de éstos. Por lo tanto, de todos los trabajadores del sector metalmecánico, los que presentan un mayor riesgo de exposición a metales pesados como el Cd, Cu, Cr (Cr III, Cr VI), Fe, Mn, Ni, Pb y Zn son los soldadores (Cárdenas-Bustamante *et al.*, 2001; Bi *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2010; Montero-Pérez *et al.*, 2016).

La concentración de cadmio en el aire de áreas rurales varía de 0.1 a 5 ng/m³, en áreas urbanas de 2 a 15 ng/m³ y en áreas industriales de 15 a 150 ng/m³. El tiempo de permanencia del cadmio en los suelos es de 300 años, aproximadamente, y 90% no se transforma. El cadmio llega a los terrenos agrícolas por deposición aérea (41%), con los fertilizantes fosfatados (54%) y por aplicación de abono de estiércol (5%) (ATSDR, 2008; Pérez-García & Azcona-Cruz, 2012).

El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos. Por lo general está presente en el medio ambiente en niveles bajos. Sin embargo, la actividad

humana ha incrementado considerablemente esos niveles (Mead, 2011). El cadmio puede recorrer grandes distancias desde la fuente de emisión a través del aire. Se acumula rápidamente en muchos organismos, principalmente moluscos y crustáceos. También se pueden encontrar concentraciones, aunque más bajas, en vegetales, cereales y tubérculos ricos en almidón (OMS, 2016).

Considerando lo anteriormente expuesto, se evaluó la concentración de cadmio en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura.

Metodología

Selección de la muestra

Se tomaron un muestreo por conveniencia donde se seleccionaron 15 empresas, estas tuvieron como característica en común dedicarse a la soldadura en el Sector El Bosque, en la Ciudad de Cartagena de Indias.

Método de muestreo OSHA

Con este método se cuantifico la concentración de humos de metales en ambientes de trabajo. Para ello se emplearon filtros de membrana de éster de celulosa (MEC), de 37 mm de diámetro y de 0.8 μ m de tamaño de poro, portafiltros de 37 mm de diámetro, de plástico transparente de poliestireno y una bomba portátil (Gilian®) con un caudal exactamente conocido de 2 litros por minuto, en la recolección de las muestras de humos metálicos de soldadura (Mata & Medina, 2008). La muestra fue única por periodo completo de 8 horas laborales.

Posteriormente, las muestras fueron almacenadas, transportadas y tratadas de acuerdo con las especificadas en la norma OSHA ID-189 para la determinación de Cd en partículas metálicas (Humos metálicos) en lugares de trabajo. Este procedimiento ya fue estandarizado por Mata y Medina. (Mata & Medina, 2008)

Análisis estadístico

Todos los ensayos se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como la media \pm DE (desviación estándar). Las diferencias significativas se determinaron mediante el análisis con de ANOVA seguido de test de Dunnett, o según el caso. Valores de ** $p < 0,01$ y * $p < 0,05$ contra un control se considerarán significativas. Para la organización de los datos se empleó la hoja de cálculo MS Excel 2010 y para los análisis estadísticos el paquete GraphPad Prism V6.00 para Windows.

Resultados

En la figura 1 se identifican los niveles de Cd en los sitios laborales dedicados a la soldadura. Encontrándose que de las 15 empresas evaluadas 1 sobrepasan los límites permitidos. Cabe resaltar que la ACGIH (Association Advancing Occupational and Environmental Health) considera como valor límite umbral, TLV (threshold limit value), para cadmio 0,01 mg Cd/m³ de aire, para jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.

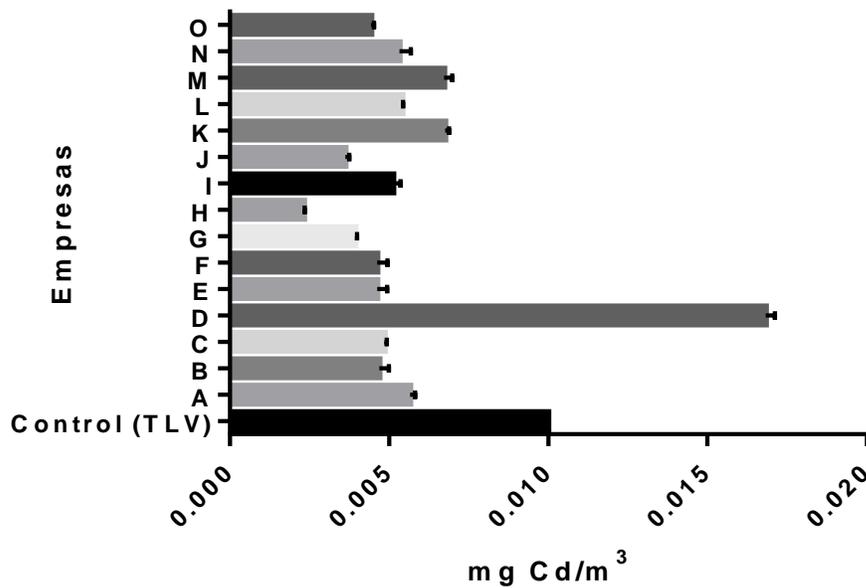


Figura 1. Concentraciones de cadmio, en mg/m³ por empresas informales dedicadas a la soldadura. Diferencias significativas comparada con el control, One-Anova, test de Dunnett's

Por otro lado, las empresas restantes los niveles de Cd presente en aire respirado se encuentra por debajo de los niveles máximos establecidos, en la mayoría de los casos los valores están por encima de los 0,005 mg Cd/ m³.

DISCUSIÓN

Las variaciones de las mediciones de Cd respirable en ambientes de soldadura pueden deberse a diversos factores entre los que se destacan la carga de trabajo y el tipo de soldadura empleada. Aunque solo una empresa sobrepasó los niveles permitidos, el principal problema del cadmio se encuentra en la bioacumulación en diferentes tejidos del organismo a mediano y largo plazo.



La entrada del Cadmio al organismo se da por la inhalación del humo metálico y este posteriormente pasa a la sangre acumulándose en los riñones y el hígado. Su eliminación es casi nula causando enfermedades crónicas dadas su toxicidad (ASTDR, 2016). Además, según la IARC pertenece al grupo No. 1 como sustancia cancerígena (IARC, 2017)

Dentro de los efectos más nocivos del cadmio se encuentra su capacidad de afectar el sistema enzimático de las células y ser generador de estrés oxidativo. Esto se produce dado que el Cd reemplaza al Ca en las metaloproteínas inhibiendo su actividad protectora de radicales libres, lo cual provoca daños a causa de la formación de ROS (Especies Reactivas de Oxígeno) (Irfan, 2013). Además, hay importante evidencia que el cadmio afecta la presión arterial generando problemas de hipertensión (Poreba, 2010)

Por lo anterior, las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL), las organizaciones de la salud y las autoridades gubernamentales procuran por controlar los efectos del humo de las soldaduras en el trabajo mediante diferentes acciones higiénicas. Aunque en Colombia no existe legislación al respecto, se han adaptado a las recomendaciones de entidades tales como la ACGIH, IARC y OSHA. Por lo anterior, la biomonitorización es una herramienta recomendada para soportar estudios, dado que permite conocer los efectos de la exposición a este tipo de metales pesados a los trabajadores expuestos y población general en diferentes órganos diana en diferentes periodos de tiempo (ATSDR, 2008).

Como punto de inicio para investigar la biomonitorización, puede ser complementar el estudio reciente realizado por Montero *et al.*, (2016) donde se evaluaron las características ocupacionales de los soldadores en establecimientos metalmeccánicos en Sincelejo, Colombia, en el cual identificaron en 144 talleres con una población expuesta de 276 soldadores permanentes a humos metálicos pesados, procedentes del metal base, sus recubrimientos y el material de aporte, encontrando que los metales que más se exponen los soldadores son el Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn de acuerdo con los diferentes trabajos realizados. Estos resultados demostraron la necesidad de aplicar medidas inmediatas para mitigar los riesgos por intoxicación laboral a metales.

Por lo tanto, la determinación de metales pesados en partículas respirables en cualquier tamaño hace necesario conocer acerca de las características químicas del material particulado, con el fin de establecer posibles relaciones existentes entre algunas enfermedades en la población de soldadores.

CONCLUSIONES



La evaluación de Cd en ambientes dedicados laborales dedicados a soldadura arrojo como resultado que solo una empresa sobrepasa los niveles TLV por exposición por lo que se hace necesario tomar las medidas necesarias para mitigar dicha exposición. Algunas medidas pueden ser la rotación de los trabajadores en áreas donde se utilicen aleaciones con Cd, limitar el tiempo de trabajos con este recubrimiento y establecer sistemas de extracción de dichos humos metálicos.

Por otro lado, en las restantes empresas se hace necesario establecer medidas por igual, aunque no superen los límites TLV, dado que respirar aire con material particulado que contenga Cd, puede ser perjudicial a largo plazo.

Por todo lo anterior, se recomienda que en próximos estudios se realicen biomonitorización de los niveles de Cd y otros metales que están presentes en el humo metálico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, por facilitar espacio, recursos y tiempo de los investigadores.

Referencias Bibliograficas

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2008). Toxicological Profile for Cadmium (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2016). Toxicological Profile for Cadmium (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service

Barbosa JS, Cabral TM, Ferreira DN, Agnez-Lima LF, Batistuzzo de Medeiros SR. (2010). Genotoxicity assessment in aquatic environment impacted by the presence of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73(3): 320-325. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2009.10.008

Bi X, Feng X, Yang Y, Qiu Q, Li G, Li F. (2006). Environmental contamination of heavy metals from zinc smelting areas in Hezhang County, western Guizhou, China. *Environment International*, 32(7): 883-890. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.010>.

Cárdenas-Bustamante O., Varona-Uribe, M.E, Núñez-Trujillo, S.M., Ortiz-Varón, J.E., Peña-Parra, G. (2001). Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías de Bogotá, Colombia. *Salud Pública Mex.*43(3):203-210. ISSN 0036-3634



Galvao L & Corey G, (1987). Cadmio. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Metepec, México.

IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Group 1. 2017. http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php.

Irfan, M., A. Ahmad, et al. (2013). "Effect of cadmium on the growth and antioxidant enzymes in two varieties of Brassica juncea." Saudi J Biol Sci 21(2): 125-31. DOI: 10.1016/j.sjbs.2013.08.001

OMS (Organización mundial de la Salud). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/ mayo de 2017.

Martínez-Flores K, Souza-Arroyo V, Bucio-Ortiz L, Gómez-Quiroz LE, Gutiérrez-Ruiz MC. (2013). Cadmium: effects on health. Cellular and molecular response. Acta Toxicol. Argent. 21 (1): 33-49. ISSN 1851-3743

Mata C, Medina M. (2007). Determinación de la exposición a metales pesados en la industria metalmeccánica en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.

Mead M. (2011). Confusión por el cadmio. ¿Los consumidores necesitan protección? Noticias de salud ambiental. Salud Publica Mex 53:178-185. ISSN 0036-3634

Montero-Pérez JA, Hernández-Márquez M, Vidal-Durango JV. (2016) Características Ocupacionales de los Soldadores en Establecimientos de Metalmeccánica en Sincelejo, Colombia. Ingeniería, Innovación. 1:95 – 107. DOI: <http://dx.doi.org/10.21892/25008803.184>.

Pérez-García PE, Azcona-Cruz MI. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. Rev Esp Méd Quir 17(3)199-205. ISSN: 1665-7330

Poreba, R., Gac, P., Poreba, M., Derkacz, A., Pilecki, W., Antonowicz-Juchniewicz, J., & Andrzejak, R. (2010). Relationship between chronic exposure to lead, cadmium and manganese, blood pressure values and incidence of arterial hypertension. *Medycyna pracy*, 61(1), 5-14. ISSN : 0465-5893.

Roa Parra, Alba Lucía; Cañizares Villanueva, Rosa Olivia (2013). Bioremediación de aguas con fosfatos y nitratos utilizando *Scenedesmus incrasatus* inmovilizado. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 10(1):71-79



Diana Gómez Marrugo. Química Farmacéutica. Magister en Bioquímica. Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cra. 44 #30a-91, Cartagena, Bolívar, Colombia. dgomez@tecnocomfenalco.edu.co

Jorge Puello Silva. Químico. Magister en Química. Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cartagena, Bolívar, Colombia. puellosj@tecnocomfenalco.edu.co

Glicerio León Méndez¹. Químico Farmacéutico. Magister en Ciencias Farmacéuticas. Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cartagena, Bolívar, Colombia. gleon@tecnocomfenalco.edu.co

Neider Altamiranda Durango¹. Estudiante de Tecnología en Seguridad e Higiene Ocupacional. Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cartagena, Bolívar, Colombia.

Deisy León Méndez. Fisioterapeuta. Especialista en Gestión de Riesgos Laborales. Grupo de Investigación de Biotecnología e Innovación (GIBEI), Centro de Comercio y Servicios, Sena, regional Bolívar. Cartagena, Bolívar, Colombia.

***Para citar este artículo:**Gómez Marrugo D.;Puello Silva J.; León Méndez G.; Altamiranda Durango N.; León Méndez D.Determination of Cadmium in environments of work dedicated to welding.Revista Bistua.2018.16(1):110-117

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Gómez Marrugo D. Fundación Universitaria Tecnológico de Comfenalco. Grupo de investigación CIPTEC. Cartagena, Bolívar, Colombia. dgomez@tecnocomfenalco.edu.co

Recibido: Julio 12 de 2017

Aceptado: Febrero 02 de 2018