

January 2010

Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana

Nancy Piedad Molina Montoya

Universidad de La Salle, Bogotá, nanmolina@unisalle.edu.co

Patricia Aguilar Casas

Universidad de La Salle, Bogotá, revistasaludvisual@lasalle.edu.co

Clemencia Cordovez Wandurraga

Grupo gerencia y administración de la salud visual y ocupacional, revistasaludvisual@lasalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo>



Part of the [Eye Diseases Commons](#), [Optometry Commons](#), [Other Analytical, Diagnostic and Therapeutic Techniques and Equipment Commons](#), and the [Vision Science Commons](#)

Citación recomendada

Molina Montoya NP, Aguilar Casas P y Cordovez Wandurraga C. Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2010;(1): 77-88.

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana

Nancy Piedad Molina Montoya*
Patricia Aguilar Casas**
Clemencia Cordovez Wandurraga***

RESUMEN

En el entorno ocupacional y como resultado de diversos procesos industriales, los trabajadores se ven expuestos a diferentes compuestos que contienen metales tóxicos, como el cromo y el plomo, los cuales ocasionan alto riesgo de enfermedades ocupacionales e impacto en el ecosistema. El presente artículo es una revisión sobre los metales tóxicos plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud huma-

na. También se incluye una breve descripción sobre la naturaleza de estos elementos, cómo contaminan el ambiente, cómo ocurre la exposición y se recopilan algunas medidas de seguridad para minimizarla.

Palabras clave: cromo III, cromo VI, plomo, contaminación, exposición, salud.

* Optómetra. Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria. Candidata a Magíster en Ciencias de la Visión. Docente investigadora de la Universidad de La Salle. Grupo Gerencia y administración de la salud visual y ocupacional. Centro CIMAS. Correo electrónico: nanmolina@unisalle.edu.co

** Optómetra. Especialista en Pedagogía. Docente investigadora de la Universidad de La Salle. Grupo investigación en Inmunología Ocular. Centro CIMAS.

*** Optómetra. Especialista en diseño de ambientes de aprendizaje apoyado en TIC. Grupo gerencia y administración de la salud visual y ocupacional.

Fecha de recepción: 20 de febrero de 2010

Fecha de aprobación: 8 de abril de 2010

Lead, chromium III and chromium VI and its impact on human health

ABSTRACT

In the occupational environment as a result from diverse industrial processes, the workers are exposed to different compounds containing toxic metals as the chrome and lead, causing high risk of occupational diseases and affecting the ecosystem. The present article is a review on the toxic metals lead,

chrome III and chrome VI and its effects on the human health. A brief description is included also on the nature of these elements, how they contaminate the environment, how occurs the exposure, and some safety precautions are compiled to minimize it.

Keywords: chromium III, chromium VI, lead, contamination, exposure, health.

INTRODUCCIÓN

En el entorno ocupacional y como resultado de diversos procesos industriales, los trabajadores se ven expuestos a diferentes compuestos que contienen metales pesados, como el cromo y el plomo, los cuales ocasionan alto riesgo de enfermedades ocupacionales e impacto en el ecosistema.

El presente artículo, es una revisión sobre los metales tóxicos plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. Para su realización se revisaron los informes de la ATDRS (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), los reportes toxicológicos del IRIS Integrated Risk Information System y se realizó una búsqueda de artículos especialmente en la base de datos Pubmed y en la biblioteca electrónica Scielo, utilizando palabras clave como plomo, cromo, salud, curtiembres y platerías, entre otras.

PLOMO

Es un metal suave, de color azul-grisáceo. Se encuentra de manera natural, comúnmente, en combinación con otros elementos formando compuestos de plomo. Asimismo, se halla tanto en forma orgánica como inorgánica. El plomo inorgánico se encuentra en pintura vieja, en el suelo y en los gases de combustión producidos por la gasolina con plomo, que también contribuyen a la contaminación ambiental con plomo inorgánico. Hoy en día, el plomo inorgánico se encuentra principalmente en los contextos ocupacionales y su toxicidad es mayor que la del plomo orgánico, debido a que su absorción en el cuerpo humano es más fácil (ATSDR, 2007). Los estados de oxidación del plomo son 4 y 2.

FUENTES DE PLOMO

El plomo y sus aleaciones son elementos encontrados comúnmente en tuberías, baterías para vehícu-

los, pesas, proyectiles y municiones, revestimientos de cables y otros. Asimismo, los compuestos de plomo se utilizan como pigmentos en pinturas, en esmaltes para cerámicas y en materiales de relleno.

Existen varias fuentes de exposición atípicas, agrupadas en categorías, que están basadas en su utilidad: accesorios de moda, medicamentos caseros, condimentos y dulces importados, municiones e ítems domésticos (Gorospe & Gerstenberger, 2008).

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CON PLOMO

Los niveles de plomo en el ambiente se deben, principalmente, a su uso en actividades humanas. Desde la década del cincuenta a la del dos mil los niveles de plomo se incrementaron significativamente, debido a su adición a la gasolina. También se puede esparcir en el aire desde las minas de plomo y otros metales, desde las fábricas que manufacturan o utilizan sus aleaciones y compuestos o por la quema de productos como el carbón, petróleo o desechos.

El plomo es removido del aire por la lluvia y por partículas que caen al suelo o a aguas de superficie. Entonces, el suelo se contamina por la adherencia de este material a sus partículas. La principal fuente de contaminación del suelo es la pintura que por desgaste se desprende de edificios y otras estructuras.

La contaminación del agua se da por los vertimientos de aguas residuales que contienen desechos de plomo derivados de la industria. Asimismo, las cañerías también pueden ser fuentes de plomo y, desde luego, las partículas contaminadas del suelo que son arrastradas hacia las fuentes de agua.

EXPOSICIÓN

La exposición es mayor en los habitantes de lugares contiguos a sitios de desechos peligrosos. En la

actualidad, se sabe que la concentración de metales tóxicos es mayor en los sitios de almacenamiento y reciclaje de desechos electrónicos, lo cual es una preocupación por los efectos ambientales y los riesgos asociados para la salud humana (Ha, Agusa, Ramu, Murata, Bulbule, Parthasaraty, Takahashi, Subramanian & Tanabe, 2009).

Sin embargo, la exposición también se puede dar al tomar agua, consumir alimentos o tragar polvo contaminados con plomo. Las personas que laboran en industrias en las que se usa el plomo también están expuestas. El consumo de plomo a través del agua es común, debido a la corrosión de los metales en el sistema periférico de distribución (Zietz, Lass & Suchenwirth, 2007).

Por ejemplo, en la India se detectó una exposición subcrónica de las personas al plomo y otros como arsénico, cadmio, mercurio, cromo, manganeso, hierro y níquel, al consumir agua con bajas dosis de esta mezcla de metales encontrados como contaminantes en varias fuentes de agua. Estos niveles de contaminación sobrepasaban los máximos límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (Jadhav, Sarkar, Patil & Tripathi, 2007).

Según la ATDSR (2007), aunque el plomo no se utiliza intencionadamente para elaborar un producto, este metal puede contaminar artículos como la comida, el agua o el alcohol. Esta contaminación puede ocurrir durante:

- La producción, ya que las raíces de los vegetales pueden absorber el polvo del suelo o éste puede depositarse en sus hojas.
- El empaque: puede haber plomo en los empaques (pinturas y en algunas latas) los cual contamina los alimentos
- El almacenamiento de alimentos o bebidas en recipientes que contienen plomo: pueden contaminar los productos (vajillas, piezas de cerámica

esmaltadas con productos que contienen plomo, recipientes de cristal o contenedores).

- Los dulces, elaborados a base de chile, importados desde México, otros utensilios de cocina de cerámica y algunos suplementos “naturales” de calcio pueden contener trazas de plomo. Adicionalmente, algunos polvos asiáticos para la lengua pueden ser fuente de intoxicación por plomo como lo documentan Woolf, Hussain, McCullough, Petranovic y Chomchai (2008).

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Se puede medir la cantidad total de plomo en la sangre para determinar si ha ocurrido exposición, éste es el método más común. También se puede medir este elemento en los dientes o en los huesos, ya que la preservación del plomo en estos tejidos hace posible monitorear la exposición a largo plazo y realizar un modelo de las fuentes cambiantes de polución de plomo durante la vida de un individuo. Los tejidos dentales han mostrado recientemente ser particularmente útiles para este propósito: el esmalte dental es formado en etapas conocidas de la vida y es químicamente estable in vivo, mientras la dentina es remodelada en una forma predictiva (Budd, Montgomery, Cox, Krause, Barreiro & Thomas, 1998).

METABOLISMO DEL PLOMO EN EL CUERPO

Cuando el plomo entra por inhalación, llega a los pulmones y se distribuye a otras partes del cuerpo a través del flujo sanguíneo. Las partículas más grandes son expulsadas por la tos hasta la garganta donde son tragadas.

Cuando se ingieren alimentos o bebidas, el plomo ingresa por el sistema digestivo y una parte pasa a la sangre y otras partes del cuerpo. El porcentaje de plomo que es absorbido al ser ingerido depende del tiempo en el que se consumió la última comida y se absorbe mínimamente, si se comió hace poco y en

cantidades mayores (60 a 80%) si el estómago está vacío.

Poco después de que el plomo entra al cuerpo, la sangre lo distribuye a órganos y tejidos (por ejemplo, el hígado, los riñones, los pulmones, el cerebro, el bazo, los músculos y el corazón). Después de varias semanas, la mayor parte del plomo se moviliza hacia los huesos y los dientes. El cuerpo no transforma al plomo a ninguna otra forma. Una vez en el cuerpo, el plomo que no se almacena en los huesos abandona el cuerpo en la orina o las heces.

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Las descargas de plomo contaminante han resultado del incremento de los niveles de plomo en animales y humanos, como ha sido indicado por el estimado del nivel natural de plomo en sangre de humanos preindustriales (Flegal & Smith, 1995).

El envenenamiento con plomo es una importante enfermedad ambiental que puede dar lugar a efectos adversos en la salud durante el curso de la vida (Meyer, Brown & Falk, 2008). El plomo tiene efectos tóxicos en muchos órganos, sistemas y procesos fisiológicos, incluyendo el desarrollo de la línea roja hemática, los riñones, el sistema cardiovascular, el aparato reproductor y, probablemente, el de mayor gravedad, el desarrollo del sistema nervioso central. La naturaleza de las manifestaciones de toxicidad no sólo dependen de la magnitud de la exposición, sino también de las características de la persona expuesta; la neurotoxicidad del plomo es más crítica para el feto en desarrollo y el niño en crecimiento que para los adultos (González, González R., Bedolla, Arrollo & Manzanares, 2008; Matte, 2003; Sanín, González-Cossío, Romieu & Hernández-Ávila, 1998).

El plomo y sus compuestos son tóxicos sistémicos y producen un gran espectro de efectos adversos sobre

la salud, que han sido observados en trabajadores expuestos a este elemento (Fonte, Agosti, Scafa & Candura, 2007). Estos autores reportaron un caso de un paciente de 47 años con anemia crónica, con cólicos abdominales recurrentes, decoloración de encías, polineuropatía sensitiva de las cuatro extremidades y otras alteraciones, dado que el paciente tenía una larga e ignorada historia de exposición al plomo en una planta de reciclaje de baterías.

Los más susceptibles son los niños y aquéllos que se encuentran más expuestos son los que viven en países en desarrollo (Moreira & Moreira, 2004). Los estudios de los niveles sanguíneos de plomo muestran alteración cognitiva, relacionada con altos niveles de plomo en sangre (Matte, 2003; Meyer et ál., 2008; Ide & Parker, 2005).

Los niños son más propensos a exponerse al plomo, debido a tres factores de interacción; ellos tienen mayor posibilidad de entrar en contacto con fuentes de plomo por sus actividades (Melnyk, Berry, Sheldon, Freeman, Pellizzari & Kinman, 2000; Vega, Contreras, Ríos, Marchetti & Agurto, 1990).

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es necesario un lavado de manos y se debe hacer énfasis en la limpieza cuando se preparan alimentos (Stanek, Manton, Angle, Eskridge, Kuehneman & Hanson 1998). La combinación de la promoción de la salud con la limpieza ha reducido el efecto sobre los niveles sanguíneos. Asimismo, es necesario disminuir la contaminación debida a la estabilización del suelo y el control de agua lluvia (Boreland, Lesjak & Lyle, 2008).

CROMO III Y VI

El cromo es un elemento que se encuentra normalmente en rocas, animales, plantas y el suelo. Puede

existir en formas diferentes y éstas determinan su estado líquido, sólido o gas. El cromo (0), cromo (III) y cromo (VI) son las formas más comunes en las que se encuentra este elemento. El cromo (0), también denominado cromo metálico, se usa en la fabricación de acero y el cromo (III) y (VI) se utilizan en el cromado, en colorantes y pigmentos, en curtido del cuero y en la preservación de la madera y, en cantidades pequeñas, en barrenas para la extracción de petróleo, inhibidores de corrosión, en la industria textil y en el tóner para copiadoras. El cromo hexavalente (CrVI) y el cromo (Cr0) son formas producidas normalmente por procesos industriales, mientras que las formas trivalentes predominan en organismos vivos. El cromo trivalente (CrIII) es un elemento residual necesario para mantener un buen estado de salud, ya que ayuda al cuerpo a utilizar el azúcar, la grasa y las proteínas (ATDRS, 2006).

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CON CROMO

El aire y el agua se contaminan con cromo (III y VI) a partir de las actividades humanas. La concentración de cromo en el aire en forma de material particulado puede aumentar como resultado de la quema de carbón y petróleo, la producción de acero, soldadura de acero inoxidable, manufactura de productos químicos y uso de productos que contienen cromo. La contaminación de las aguas ocurre por la descarga de desechos derivados de la manufactura de colorantes y pigmentos para el curtido de cueros; la mayor parte de las veces, el cromo se va al fondo y sólo una pequeña parte se diluye en el agua. El suelo también puede contaminarse, debido al depósito de residuos de la industria y cenizas de carbón provenientes de plantas generadoras de electricidad.

Por lo general, el cromo (III) se elimina de la atmósfera mediante procesos de deposición en húmedo y en seco, las partículas de cromo (III) de diámetro aerodinámico de menos de 20 μm pueden quedarse

suspendidas en el aire durante largo tiempo y viajar a través de grandes distancias. No es factible que el cromo (III) pase de la troposfera a la estratosfera; es factible que el cromo (III) permanezca inmutable después de que se libera y entra en el suelo, la forma que predominantemente tiene el cromo que se deposita en el suelo es la de óxido de cromo insoluble. Ambientalmente, su estado configura el comportamiento del elemento en distintos compartimentos. El cromo VI tiene un potencial de oxidación muy grande y se reduce rápidamente a cromo III en cuanto entra en solución con materia orgánica. Éste es menos soluble en agua, aunque también puede enlazarse con moléculas orgánicas lipofílicas, lo que lo vuelve biodisponible. El cromo III se encuentra en las sales de cromo; desde el punto de vista ecológico, el cromo trivalente es un poco más fácil de degradar (ATDRS, 2006).

EXPOSICIÓN

Aunque los niveles de cromo en agua y en aire son bajos, las personas pueden respirar aire, tomar agua o comer alimentos que contienen cromo o absorberlo a través del contacto de la piel con este elemento o sus compuestos. Para la población general, la ruta más probable de exposición al cromo III es el consumo de alimentos contaminados, pues los alimentos ácidos en contacto con latas o utensilios de cocina de acero inoxidable pueden contener niveles de cromo más altos, debido al escape de este material desde el acero inoxidable. Por otra parte, la exposición al cromo VI es frecuente en los ambientes de trabajo en los que se usa este compuesto: industria de cuero, industria textil, industria petrolera e industria de platinado entre otras.

METABOLISMO DEL CROMO EN EL CUERPO

La absorción de cromo se hace fundamentalmente por tres vías: oral, respiratoria y dérmica. Al entrar en el organismo es distribuido a la médula ósea,

pulmones, ganglios linfáticos, bazo, riñón e hígado. El compuesto que más fácilmente se absorbe es el cromo VI, ya que es tomado por los eritrocitos e integrado a otras células por el sistema transportador de sulfatos. Como ya se dijo, el cromo VI se reduce en cromo III intracelularmente en las mitocondrias y el núcleo, reductores intracelulares lo degradan en el citoplasma. La reducción intracelular genera intermediarios reactivos como cromo V, cromo IV y cromo III, así como radicales libres hidroxilo y oxígeno; estas formas reactivas del cromo son susceptibles de alterar el ADN. Se elimina por vía renal el 60% , en menor grado por heces (vía biliar), cabello, uñas, leche y sudor. En la orina encontramos fundamentalmente cromo III formando un complejo con el glutatión, pues el cromo VI es reducido en gran parte a cromo III (ATSDR, 2006; Cuberos, Rodríguez & Prieto, 2009; EPA, 1998).

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Los efectos adversos del cromo para la salud dependen, especialmente, del grado de valencia de este elemento en el momento de la exposición y de la solubilidad del compuesto. Las únicas formas de importancia en toxicología son el cromo VI y el cromo III. Una exposición de corta duración al cromo III puede causar irritación mecánica en los ojos y en el tracto respiratorio. Si se presenta inhalación se presenta tos.

El cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, sobre todo para la gente que trabaja en la industria del acero y textil. La gente que fuma tabaco también puede tener un alto grado de exposición a este elemento. El cromo (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud: cuando se encuentra como compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, por ejemplo, erupciones cutáneas; después de ser respirado el cromo (VI) puede causar irritación de la nariz y sangrado de ésta. Otros problemas de salud que son causado por

el cromo (VI) son: erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte (Emsley, 2001; Wright, 2003).

Normalmente, el cromo produce dermatitis, por lo general, debido a una exposición en el ambiente ocupacional, siendo la industria del cemento una de las principales fuentes (Hansen, Rydin, Menné & Duus, 2002) De igual forma, la inhalación de vapor con compuestos de cromo (VI) puede ocasionar irritación del sistema respiratorio, daños en los pulmones y síntomas de tipo asmático (Bright, Burge , O'Hickey, Gannon, Robertson & Boran, 1997). La ingesta de sales de cromo (VI) puede ocasionar lesiones graves o, incluso, la muerte. Asimismo, el cromo en forma de polvo puede ocasionar llagas en la piel (Williams, 1997).

Los compuestos de cromo (VI) pueden ocasionar quemaduras en los ojos. Se estima que del 1 al 3% de la población general presenta alergia al cromo (Thyssen & Menné, 2010). El cromo hexavalente posee dos características que explican el grado de toxicidad. La primera de ellas, las membranas celulares son permeables al cromo VI, pero no al cromo III y en la segunda característica el cromo VI se reduce a cromo III en el interior de las células, tanto de las mitocondrias como en el núcleo (Gil Tocados, 2003; Oflaherty, Kerger, Hays & Pasteunbach, 2001).

La literatura reporta que los compuestos de cromo VI y níquel producen cáncer (Cole, Rodu, 2005; Holmes, Wise & Wise, J.P., 2008; Iaia, Bartoli, Calzoni, Comba, De Santis, Dini, Ercolanelli, Farina, Pirastu, Seniori Costantini & Valiani, 2002; Iaia, Bartoli, Calzoni, Comba, De Santis , Dini, Farina, Valiani & Pirastu, 2006; Montanaro, Ceppi, Demers, Puntoni & Bonassi, 1997; Sorahan, Burges, Hamilton & Harrington, 1998; Sorahan & Harrington, 2000).

Los compuestos de cromo y níquel están clasificados en el grupo 1 de elementos carcinógenos, de acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). Los compuestos de cromo VI, compuestos de níquel y vapores de soldadura, se deben considerar carcinógenos potenciales según lo establecido en la Norma 29 CFR 1910.1200 de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).

Asimismo, OSHA ha determinado, basada en la mejor evidencia posible, el nivel permisible de exposición al cromo VI en 5 microgramos de Cr VI por metro cúbico de aire en un promedio de 8 horas de trabajo (Occupational Safety and Health Administration) (OSHA, 2006).

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Sangre y orina son usados comúnmente para el monitoreo biológico de los trabajadores expuestos al cromo (Franchini & Mutti, 1988; Mutti, Lucertini, Valcavi, Neri, Fornari & Alinovi, 1985) y son, por tanto, las pruebas *gold standard* para la evaluación de la exposición. Otras técnicas para el monitoreo son la evaluación de la concentración de cromo en el aliento condensado y la evaluación de cromo en los eritrocitos, que permite evaluar los biomarcadores inflamatorios y se puede utilizar para investigar el tejido de algunos órganos como los pulmones en trabajadores expues-

tos al cromo (Caglieri, Goldoni, Acampa, Andreoli, Vettori, Corradi, Apostoli & Mutti, 2006).

El cromo en orina y cromo en plasma son los biomarcadores ideales de una exposición reciente, mientras el cromo en eritrocitos puede representar una fracción del cromo VI, el cual alcanza el flujo sanguíneo en una forma no reducida y por esto depende de la dosis inhalada en el aire representada por el cromo condensado en aliento exhalado. El cromo medido en eritrocitos puede contribuir significativamente al biomonitoreo tradicional dando información específica en el órgano objetivo e integrando el conocimiento con la toxicocinética del cromo (Goldoni, Caglieri, De Palma, Acampa, Gergelova, Corradi & Apostoli, 2010).

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Para la piel se recomienda el uso de guantes protectores y si hay contacto, lavar la piel con agua.
- Se recomienda utilizar gafas de seguridad, en caso de contacto, enjuagar con agua durante varios minutos. Si la persona es usuaria de lentes de contacto, se deben retirar los lentes y recurrir a control ocular.
- Se recomienda protección respiratoria y en caso de inhalación respirar aire limpio y reposo.

REFERENCIAS

Agency for Toxic Substances and disease Registry (ATSDR) (2006). Chromium Toxicity. Case Studies in Environmental Medicine. Course: SS3048 U.S.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2007). Estudios de caso en medicina ambiental (CSEM). Consultado en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>

Albiano, N. (sin fecha de publicación). *Toxicología laboral: criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas*.

Boffeta, P. (1993). Carcinogenicity of Trace Elements with Reference to Evaluation Made by International Agency for Research on Cancer. *Scandinavian Journal Working Environmental Health*, 19 (1), 67-70.

- Boreland F, Lesjak M.S. & Lyle D.M. (2008). Managing Environmental Lead in Broken Hill: A Public Health Success. *New South Wales Public Health Bulletin*, 19 (9-10), 174-179.
- Bright, P., Burge, P.S., O'Hickey, S.P., Gannon, P.F., Robertson, A.S. & Boran, A. (1997). Occupational Asthma Due to Chrome and Nickel Electroplating. *Thorax*, 52 (1), 28-32.
- Budd, P., Montgomery, J., Cox, A., Krause, P., Barreiro, B. Thomas, R.G. (1998). The Distribution of Lead within Ancient and Modern Human Teeth: Implications for Long-Term and Historical Exposure Monitoring. *Science of Total Environment*, 220 (2-3), 121-136.
- Cagliari, A., Goldoni, M., Acampa, O., Andreoli, R., Vettori, M.V., Corradi, M., Apostoli, P. & Mutti, A. (2006). The Effect of Inhaled Chromium on Different Exhaled Breath Condensate Biomarkers among Chrome-Plating Workers. *Environmental Health Perspectives*, 114 (4).
- Cuberos, E., Rodríguez, A. & Prieto, E. (2009). Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de salud pública*, 11 (2), 278-289.
- Emsley, J. (2003). *Nature's building blocks Ana-z guide to elements*. Oxford: Oxford University press.
- Flegal, A.R. & Smith, D.R. (1995). Measurements of Environmental Lead Contamination and Human Exposure. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 143,1-45.
- Fonte, R., Agosti, A, Scafa, F. & Candura, S.M. (2007). Anaemia and Abdominal Pain Due to Occupational Lead Poisoning. *Haematologica*, 92 (2), 13-4.
- Franchini, I. & Mutti, A. (1988). Selected Toxicological Aspects of Chromium(VI) Compounds. *Science of the Total Environment*, 71, 379-387.
- Gil T., G., Manrique P., A. & Fernández, J.M. (2003). Dermatitis de contacto por cemento. Tóxico cinética del cromo. Fuentes de exposición. Facultad de medicina. Universidad de Cádiz. España.
- Goldoni, M., Cagliari, A., De Palma, G., Acampa, O., Gergelova, P., Corradi, M., Apostoli, P. & Mutti, A. (2010). Chromium in Exhaled Breath Condensate (EBC), Erythrocytes, Plasma and Urine in the Biomonitoring of Chrome-Plating Workers Exposed to Soluble Cr(vi). *Journal of Environmental Monitoring*, 12 (2), 442-447.
- González, E., González R., E., Bedolla, C., Arrollo, E.L. & Manzanares, E. (2008) Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos. *Revista Facultad de ingeniería Universidad de Antioquia*, 43, 114-119.
- Gorospe, E.C. & Gerstenberger, S.L. (2008). Atypical Sources of Childhood Lead Poisoning in the United States: A Systematic Review from 1966-2006. *Clinical Toxicology (Philadelphia)*, 46 (8), 728-737.
- Ha, N.N., Agusa, T., Ramu, K., Tu, N.P., Murata, S., Bulbule, K.A., Parthasaraty, P., Takahashi, S., Subramanian, A. & Tanabe, S. (2009) Contamination by Trace Elements at E-Waste Recycling Sites in Bangalore, India. *Chemosphere*, 76 (1), 9-15.
- Hansen, M.B., Rydin, S., Menné, T. & Duus Johansen, J. (2002) Quantitative Aspects of Contact Allergy to Chromium and Exposure To Chrome-Tanned Leather. *Contact Dermatitis*, 47 (3), 127-134.
- Holmes, A.L., Wise, S.S. & Wise, J.P. (2008). Carcinogenicity of Hexavalent Chromium. *Indian Journal of Medical Research*, 128 (4), 353-372.
- Iaia, T.E., Bartoli, D., Calzoni, P., Comba, P., De Santis, M., Dini, F., Ercolanelli, M., Farina, G.A.,

- Pirastu, R., Seniori Costantini, A. & Valiani, M. (2002). Cohort Study of Mortality among Leather Tanners in the Lower Valdarno Area. *Medicina del Lavoro*, 93 (2), 95-107.
- Iaia, T.E., Bartoli, D., Calzoni, P., Comba, P., De Santis, M., Dini, F., Farina, G.A., Valiani, M., Pirastu, R. (2006). A Cohort Mortality Study of Leather Tanners in Tuscany, Italy. *American Journal of Industrial Medicine*, 49 (6), 452-459.
- Ide, L.S. & Parker, D.L. (2005). Hazardous Child Labor: Lead and Neurocognitive Development. *Public Health Reports*, 120 (6), 607-612.
- Jadhav, S.H., Sarkar, S.N., Patil, R.D. & Tripathi, H.C. (2007). Effects of Subchronic Exposure Via Drinking Water to a Mixture of Eight Water-Contaminating Metals: A Biochemical and Histopathological Study in Male Rats. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53 (4), 667-677.
- Langard, S. (1993). Rol of Chemical Species and Exposure Characteristics in Cancer among Persons Occupational Exposed to Chromium Compounds. *Scandinavian Journal Working Environmental Health*, 19 (1), 81-89.
- Matte, T.D. (2003). Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Publica México*, 45 (2), 220-224.
- Melnyk, L.J., Berry, M.R., Sheldon, L.S., Freeman, N.C., Pellizzari, E.D. & Kinman, R.N. (2000). Dietary Exposure of Children in Lead-Laden Environments. *Journal of Exposure Analysis of Environmental Epidemiology*, 10 (6), Pt 2, 723-731.
- Meyer, P.A., Brown, M.J. & Falk, H. (2008). Global Approach to Reducing Lead Exposure and Poisoning. *Mutation Research*, 659 (1-2), 166-175.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (1996). *Guía para el control de factores de riesgo ocupacional, sector informal del cuero*. Documento oficial, Bogota, Colombia.
- Matte, T.D. (2003). Effects of Lead Exposure on Children's Health. *Salud Publica México*, 45 (2), 220-224.
- Montanaro, F., Ceppi, M., Demers, P.A., Puntoni, R., Bonassi, S. (1997). Mortality in a Cohort of Tannery Workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 54 (8), 588-591.
- Moreira, F.R. & Moreira, J.C. (2004). Effects of Lead Exposure on the Human Body and Health Implications. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 15 (2), 119-129.
- Mutti, A., Lucertini, S., Valcavi, P., Neri, T.M., Fornari, M., Alinovi, R. et ál. (1985). Urinary Excretion of Brush-Border Antigen Revealed by Monoclonal Antibody: Early Indicator of Toxic Nephropathy. *Lancet*, 26, 914-917.
- Mutti, A., Pedroni, C., Arfini, G., Franchini, I., Minoia, C., Micoli, G. et ál. (1984). Biological Monitoring of Occupational Exposure to Different Chromium Compounds at Various Valency States. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 17, 35-41.
- O'Flaherty, E.J., Kerger, B.D., Hays, S.M. & Pasteunbach, D.J. (2001). A Physiologically Based Model for the Ingestion of Chromium III and Chromium VI by Humans. *Toxicological Sciences*, 60 (193), 213.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Department of Labor (2006). Occupational Exposure to Hexavalent Chromium. Final Rule. *Federal Register*, 71 (39), 10099-10385.
- Sanín, L.H., González-Cossío, T., Romieu, I. & Hernández-Avila, M. (2003). Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Pública México*, 40, 359-368.
- Sorahan, T., Burges, D.C., Hamilton, L. & Harrington, J.M. (1998). Lung Cancer Mortality in Nickel/

- Chromium Platers 1946-95. *Occupational and Environmental Medicine*, 55, 236-242.
- Sorahan, T. & Harrington, J.M. (2000). Lung Cancer in Yorkshire Chrome Platers, 1972-97. *Occupational and Environmental Medicine*, 57 (6), 385-389.
- Stanek, K., Manton, W., Angle, C., Eskridge, K., Kuehneman, A. & Hanson C.(1998) Lead Consumption of 18- to 36-Month-Old Children as determined from Duplicate Diet Collections: Nutrient Intakes, Blood Lead Levels, and Effects on Growth. *Journal of the American Diet Association*, 98 (2), 155-158.
- Toxicological review of Trivalent Chromium. In support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). EPA.; August 1998.
- Toxicological review of Hexavalent Chromium. In support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). EPA.; August 1998.
- Thyssen, J.P. & Menné, T. (2010). Metal Allergy-A Review on Exposures, Penetration, Genetics, Prevalence, and Clinical Implications. *Chemical Research on Toxicology*, 23 (2), 309-318.
- Vega, J., Contreras, A., Ríos, E, Marchetti, N., Agurto, M. (1990). Exposición al plomo y sus efectos en la salud infantil. *Revista Chilena de Pediatría*, 61 (3), 154-160.
- Velásquez, M.I. (1999). *Análisis de competitividad industrial 1999*. Bogotá: Departamento administrativo nacional de Estadística DANE.
- Wright, J. (2003). *Environmental Chemistry* (1ra ed.). New York: Routledge
- Williams, N. (1997). Occupational Skin Ulceration in Chrome Platers. *Occupational Medicine*, 47 (5), 309-310.
- Wolf, A.D., Hussain, J., McCullough, L., Petranovic, M. & Chomchai, C. (2008). Infantile Lead Poisoning from an Asian Tongue Powder: A Case Report & Subsequent Public Health Inquiry. *Clinical Toxicology (Philadelphia)*, 46 (9), 841-844
- Zietz, B.P, Lass, J. & Suchenwirth, R. (2007). Assessment and Management of Tap Water Lead Contamination in Lower Saxony, Germany. *Int Journal Environmental Health Research*, 17 (6), 407-418