

## Salud y riesgos ocupacionales por arsénico en la industria metalmeccánica

### Occupational health risks and arsenic metal mechanical industry

José Jaimes Morales,<sup>1</sup> Katty Marrugo Pájaro,<sup>2</sup> Carlos Severiche Sierra<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En la industria en general, a menudo se presenta una gran variedad de casos de fallas, los cuales son de suma importancia debido a que ocurren de manera inesperada; la industria metalmeccánica no es ajena a ello. El arsénico y sus compuestos son extremadamente tóxicos; en el aire al ser inhalado puede incidir en la prevalencia del cáncer de pulmón, en las fundiciones este elemento es muy común en el aire. Normativas ambientales indican que el máximo permisible es  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En este artículo se hace una revisión bibliográfica completa sobre la salud y riesgos ocupacionales por el manejo de arsénico en la industria metalmeccánica seguido de la exposición ambiental, ocupacional y los efectos en la salud, además de dar a conocer el mecanismo de toxicidad y la normatividad vigente respecto al uso de este químico, por último se evidencian los retos presentes y futuros para el manejo adecuado y sostenible de arsénico en el ámbito industrial.

**Palabras Claves:** Arsénico, Industria Metalmeccánica, Riesgo Ocupacional, Salud.

#### ABSTRACT

In general industry, often many cases of failure occurs, which are important because they occur unexpectedly; the metalworking industry is no stranger to it. Arsenic and its compounds are highly toxic, the air being inhaled can affect the prevalence of lung cancer in foundries this element is very common in the air. Environmental regulations indicate that the maximum allowable is  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ . This article provides a comprehensive literature review on health and occupational risks for managing arsenic in the metalworking industry followed by environmental, occupational exposure and health effects, in addition to raising awareness of the mechanism of toxicity and the regulations made force

---

<sup>1</sup> Magister en Ingeniería Química, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ingeniero de Alimentos, Licenciado en Química y Biología. Docente Investigador de la Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de Salud Ocupacional de la Facultad de Enfermería, Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

<sup>3</sup> Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Químico. Docente Investigador de la Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

Correspondencia: [jjaimesmor@yahoo.es](mailto:jjaimesmor@yahoo.es)

regarding the use of this chemical, finally the present and future challenges for the proper and sustainable management of arsenic in industry are evident.

**Keywords:** Arsenic, Industry Metalworking, Occupational Hazard, Health..

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los esfuerzos y avances científicos aún se da la exposición continua de los humanos a metales tóxicos como el arsénico, el cual es un elemento químico de ocurrencia natural que se encuentra en diversos minerales. Su presencia en la industria metalmeccánica presenta un riesgo para la salud de las personas que están en contacto con este, debido a sus efectos tóxicos, y no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales. Tanto arsénico como arsenato son adsorbidos en la superficie de una gran variedad de materiales presentes en el medio como son óxidos de metales, sobre todo de hierro, manganeso y aluminio (1).

El arsénico es un metal pesado tóxico, que puede llegar a afectar la salud cuando se presenta una exposición aguda o crónica a este (2). Existen dos formas principales de exposición, ocupacional y ambiental. La exposición ocupacional se da en actividades en las cuales este metal se utiliza como materia prima o hace parte de los procesos en los que se utilizan como insumo. La exposición ambiental se presenta a partir del consumo de agua y alimentos contaminados con este metal, la inhalación de material particulado contaminado con metales, la ingestión accidental de pinturas contaminadas, el consumo de cigarrillo, entre otros (3). Por sus características toxicológicas y de conformidad con el tiempo y el tipo de exposición, pueden originar efectos agudos y crónicos, pudiéndose depositar en algunos órganos del cuerpo y permaneciendo por periodos prolongados, generando a largo plazo efectos negativos sobre el estado de salud (4).

Los problemas de salud derivados de la exposición al arsénico (As), han sido estudiados en el ambiente laboral, en las zonas cercanas a la de exposición y ambiental. Sin embargo esta exposición está presente en los procesos de la industria metalmeccánica, y con posibilidades de afectar a la población con intoxicaciones crónicas (5). El As es uno de los primeros agentes químicos con evidencia de su capacidad carcinogénica en humanos. La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (6-8), lo clasificó en grupo I, agente cancerígeno comprobado. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (9), lo clasificó en el Grupo A, carcinógenos humanos. Este organismo determinó una dosis de referencia (RfD) de 0,3 mg/kg/día de As inorgánico (AsIn), asumiendo que el consumo de dosis iguales o menores a esa cantidad durante toda la vida, es poco probable que cause un riesgo significativo para la salud en humanos para los efectos no carcinogénicos. Se considera que las sustancias con capacidad carcinogénica (como el As) no presentan un nivel umbral de efecto, por lo que basta una molécula del agente químico para gatillar el proceso cancerígeno a nivel individual (810).

En esta revisión se describen los efectos causados por arsénico en la industria metalmeccánica, el ambiente y la salud de los trabajadores así como los riesgos asociados a la exposición ocupacional asociado a este tóxico.

## USO DE ARSÉNICO EN LA INDUSTRIA

Los metales son quizás las sustancias tóxicas, más antiguas que haya conocido el ser humano. La toxicidad de algunos de ellos, tal como el arsénico ha sido conocida desde hace muchos años (11); existen efectos adversos en la salud desde hace mucho tiempo, debido al uso de los metales a pesar de los numerosos esfuerzos por disminuir la contaminación ambiental, la exposición a estos continúa especialmente en los países desarrollados, en las industrias (12).

Los procesos desarrollados en los talleres metalmeccánicos abarcan una gran cantidad de rubros industriales. En general, en un taller metalmeccánico se toma la materia prima y se altera su forma para lograr formas intermedias y finales. Existen dos fases fundamentales en la forma, primaria y secundaria. La etapa primaria consiste en tomar el metal desde su forma de materia prima para llegar a una forma fácil de trabajar, como hojas barras, platinas o alambres. Los procesos comúnmente desarrollados en la etapa primaria son: Maquinado abrasivo a chorro, moldeo, revestimiento (13-15).

La etapa secundaria consiste en tomar la forma primaria y alterar su forma a formas intermedias hasta llegar a la forma final. Los procesos comúnmente desarrollados en esta etapa son: Estampado, Torno, Perforar.

Para llegar a la forma final, el trabajo desarrollado en un taller meccánico se divide en dos grandes procesos:

- Remoción de metales, producción de chips y viruta.
- Formado o movimiento de metales, deformación.

El arsénico se encuentra en diferentes tipos de compuestos en las industrias, se derivan principalmente por sus propiedades químicas y físicas, entre lo que destaca el arsénico elemental que se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor (16-17).

El proceso de soldadura es una de las tareas más utilizadas en la industria metalmeccánica en particular y de uso generalizado por el servicio de mantenimiento en cualquier tipo de industria. Consiste en la unión de piezas metálicas, de igual o distinta naturaleza, usando diferentes procedimientos en la que la adherencia se produce con aporte de calor a una temperatura adecuada o aplicación de presión o sin ella; dependiendo de la forma de realizar la unión existen diferentes procedimientos de soldadura:

- Soldadura blanda y fuerte. Soldadura por gas.
- Soldadura al arco

- Soldadura al arco con gas protector

## EXPOSICIÓN AMBIENTAL Y OCUPACIONAL

La exposición ocupacional a compuestos de arsénico inorgánico puede producirse por inhalación, ingestión o contacto con la piel con la consiguiente absorción. Se pueden observar efectos agudos en la vía de entrada si la exposición es excesiva. La dermatitis puede surgir como efecto agudo, pero con mayor frecuencia resultado de la toxicidad por exposición prolongada, y en ocasiones es posterior a la sensibilización (18-19). La exposición a largo plazo ocasiona intoxicación crónica, puede presentarse en trabajadores expuestos durante un tiempo prolongado a concentraciones excesivas a compuestos de arsénico (20).

Su toxicidad depende de la forma química; así, del arsénico inorgánico (iAs) la forma trivalente ( $iAs^{3+}$ ) es más tóxica que la pentavalente ( $iAs^{5+}$ ) y ambas más que sus compuestos metilados: el ácido monometil arsónico (MMA) y el ácido dimetil arsónico (DMA). Los arsenicales orgánicos arsenobetaina, arsenocolina y arsenoazúcares son considerados no tóxicos (21-22).

La exposición al As ambiental es, en gran medida, involuntaria y debe ser vista desde una perspectiva diferente a la ocupacional. Sin embargo, cuando se evalúa exposición laboral, el As que ingresa desde fuentes ambientales contribuye a la carga total en el trabajador y por tanto incide en su cuantificación. La mayor emisión industrial de iAs procede de fundiciones y refinerías, de plantas de energía movidas por combustibles fósiles o por energía geotérmica, todas ellas fuentes antropogénicas y las mayores contaminadoras de aire, agua y suelos. Los detergentes domésticos contribuyen a la masa de arsénico en ríos y lagos cuyas aguas, en general, contienen entre 1 y 73 ppm de As que al llegar al mar precipita o es adsorbido por las arcillas. En aguas subterráneas se le detecta en montos  $> 50$  ppm. Su concentración ambiental en zonas no industriales y alejadas del tráfico llega hasta  $0,02 \mu g/m^3$ .

Esta ubicua y amplia distribución geográfica condiciona que el arsénico esté presente en todos los seres vivos. Los peces marinos contienen hasta 90 ppm, los de agua dulce 20 o 30. En el hombre, y en animales terrestres, la cantidad total del tóxico se acerca a 10 mg, pero varía con la edad, estilo de vida y tipo de trabajo. Ingresa a nuestra dieta con los alimentos provenientes del mar, pescado, mariscos y crustáceos comestibles. Tabaco, vino y cerveza contaminados contribuyen a la ingesta de hasta  $100 \mu g/día$  de iAs (22-25).

De otro lado, los pobladores de algunas zonas de los andes australes de Sudamérica, y otras de Asia, Norteamérica e India, además en algunas zonas del Perú (26), ingieren As proveniente del agua de bebida, lo que constituye un problema actual de salud pública pues causa, en esas poblaciones, la enfermedad ambiental llamada hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE) y, es más, en algunas de estas áreas endémicas se

describe otra enfermedad ambiental, blackfoot (27-28). En fin, el arsénico siempre está presente en nuestra vida diaria. Interviene en los procesos metabólicos de varias especies, entre ellas el *H. sapiens*; otras se biodetoxifican transformándolo en arsenobetaina y arsenocolina y algunas bacterias lo usan para obtener energía en condiciones anóxicas mediante quimio síntesis, proceso análogo a la fotosíntesis (25).

Sobre el arsénico pesan más de mil años de mala reputación como tóxico mortal y veneno potente; está en todas partes y en todos los tejidos vivos. Luego de un período relativamente prolongado de exposición laboral en la industria metalmeccánica, el arsénico puede producir intoxicación crónica que suele ser de difícil diagnóstico aun conociendo la fuente. En general, las manifestaciones tóxicas se inician al primer contacto con el arsénico y el síntoma inicial es irritación de piel y mucosas debidas al ácido arsenioso que resulta de la unión del As con el agua de los tejidos. Si la inflamación se hace crónica puede degenerar en cáncer, con la particularidad de aparecer varios años después de haber cesado la exposición. También produce deterioro, funcional o maligno, en otros órganos: corazón, pulmón, riñón, hígado, sangre e inclusive consigue atravesar las barreras hematoencefálica y placentaria (21-22, 29-30)

## MECANISMOS DE TOXICIDAD

En exposición ocupacional la inhalación es la vía de ingreso más importante del As y sus compuestos, máxime en el caso de la arsina. Por esta vía su absorción está condicionada por el tamaño de las partículas, por su solubilidad y por la forma química del compuesto. En el aire del ambiente laboral metalúrgico predomina el iAs+3 en forma de partículas y su inhalación sigue las pautas de los aerodispersoides: las partículas más grandes se depositan en el tracto respiratorio superior y desde allí pueden ser removidas por las vibrisas o por el moco hacia el exterior o al tubo digestivo y en este, dependiendo de su solubilidad, se absorben bien. En el pulmón, las partículas menores de 7 µm se absorben entre 75 y 85 % (21-22, 31).

Luego de absorbido, el arsénico llega a la sangre y se une a las globulinas. Su pos distribución dentro de las primeras 24 horas lo lleva, entre otros órganos, a hígado, pulmón, riñón y bazo, donde al acoplarse a los grupos sulfhidrilo de las proteínas se acumula. En el tejido óseo compite con el fósforo, lo desplaza y puede permanecer allí durante años. Una pequeña cantidad atraviesa las barreras hematoencefálica y placentaria (32). Dentro de las siguientes 30 horas, se deposita en cabello y uñas. Los niveles de As en secciones de pelo indican el tiempo transcurrido desde el inicio de la exposición (33).

La vida media del iAs 'circulante' es de 6 horas. La de sus metabolitos es 7,4 para el MMA y 5,6 para DMA. Los porcentajes de excreción renal son para el DMA de 50 a 70 %, para el MMA de 15 a 20 % y alrededor del 20 % se excreta sin metilar (34).

## NORMATIVIDAD

Debido al alto riesgo de toxicidad de arsénico, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (35) considera al arsénico dentro del Grupo I, es decir como un elemento de comprobado efecto cancerígeno para el hombre, pues la investigación ha demostrado muy fuerte asociación con cáncer de pulmón y la intensidad de exposición es más importante que su duración (36-37).

En Colombia, el Ministerio de Salud estableció las normas del sistema de vigilancia de eventos prioritarios en la Ley 9ª de 1979 o Código Sanitario Nacional en su Título VII y Decreto reglamentario 1562 de 1984 (38).

El Decreto 614 de marzo de 1984, por el cual se determinan las bases para la organización y administración de la salud ocupacional en el país, en el artículo 30 sobre el subprograma de medicina del trabajo, define que en las empresas se debe "desarrollar los programas de vigilancia epidemiológica de enfermedades laborales, patología relacionada con el trabajo y ausentismo por tales causas" (39-40).

La Resolución 1016 de marzo de 1989 del Ministerio del Trabajo en el artículo diez sobre las actividades principales de los subprogramas de medicina preventiva y del trabajo señala que se deben "desarrollar actividades de vigilancia epidemiológica conjuntamente con el subprograma de higiene y seguridad industrial que incluirá como mínimo: accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y panorama de riesgo (41).

El Decreto 1295 del 22 de junio de 1994, por el cual se determina la organización y administración de riesgos profesionales en Colombia dentro del marco de la Ley 100, establece en su artículo 61 sobre estadísticas de riesgos profesionales: "que todas las empresas y las entidades administradoras de riesgos profesionales deberán llevar las estadísticas de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, para lo cual en cada caso, deberán determinar la gravedad y la frecuencia de los accidentes de trabajo y de las enfermedades laborales" Se puede observar que en Colombia la normatividad para la administración de los riesgos profesionales en donde existe responsabilidad del estado, de las administradoras de riesgos profesionales y de los empleadores, está encaminada primordialmente a la promoción y prevención (42).

Esto se puede evidenciar también en el artículo 67 del Decreto 1295 de junio 22 de 1994, el cual reza: "Las empresas de alto riesgo rendirán a la respectiva entidad administradora de riesgos profesionales un informe de evaluación del desarrollo del programa de salud ocupacional, anexando el resultado técnico de la aplicación de los sistemas de vigilancia epidemiológica, tanto a nivel ambiental como biológico y el seguimiento de los mecanismos de control de riesgos de higiene y seguridad industrial, avalado por los miembros del comité de medicina, higiene y seguridad de la respectiva empresa".

"Las aseguradoras de riesgos laborales como administradoras de los recursos económicos para los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales ATEL, son responsables de fomentar en las empresas los planes de salud ocupacional y seguridad industrial como una manera de minimizar los factores de riesgo ocupacionales (43). A través de la vigilancia epidemiológica es posible construir el perfil de riesgos y medir su



expresión, información está que deberá ser proporcionada a las direcciones de salud por las ARL (44).

En 1986, se señalan los supuestos básicos de la organización de los sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional. Entre otros, "la organización de los sistemas de vigilancia epidemiológica en salud de los trabajadores es una obligación irrefutable de las entidades gubernamentales, teniendo como preocupación el empleo de toda la información existente en las instituciones de salud ocupacional y en los servicios de salud". "Antes de comenzar a organizar un sistema de vigilancia epidemiológica, es preciso identificar claramente quién desea la información, con qué propósitos, los costos, la factibilidad de aplicación, las facilidades de diagnóstico, la aplicación y la capacidad futura de respuesta de los servicios involucrados" (45).

A pesar de las condiciones de tipo normativo que se tienen al respecto, en el estudio nacional de salud realizado en Colombia en 1993 se planteó la inexistencia de un sistema de información y de vigilancia epidemiológica ocupacional unificado e interinstitucional, aunque desde 1987 el Ministerio de Salud y el Instituto de Seguro Social, plantearon las bases conceptuales y operativas para un sistema unificado de vigilancia epidemiológica. Según el estudio, el programa de salud ocupacional del Seguro Social es el más avanzado en ese sentido, dándole uso a la información ya disponible de morbilidad, mortalidad, accidentalidad y costos para definir prioridades de programación. Sin embargo, aún la información es dispersa y se identifican en forma restringida los riesgos en el ambiente laboral".

Decreto 2566 del 2009, por el cual se adopta la Tabla de enfermedades profesionales, define enfermedades producidas por manipulación de agentes químicos como el arsénico. Adóptase la tabla de enfermedades profesionales para efectos del Sistema General de Riesgos Profesionales (46-47).

El Sistema de Inspección, Vigilancia y Control en la Ley 1122 de 2007 por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones (48).

Resolución 2013 de 1986: Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo, los Ministros de Trabajo y Seguridad Social y de Salud (49).

Ley 9 de 1979, llamado Código Sanitario Nacional, que en su título III establece normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones, emitida por el Ministerio de Salud (50).

## DISCUSIÓN

Al analizar los procesos que se desarrollan en la industria metalmecánica e identificar y valorar los peligros asociados, se anexa que estos procesos tienen alto riesgo en la salud de las personas que están expuestas al arsénico y sus derivados, pues este tiene la

capacidad de ocasionar enfermedades como manifestaciones tóxicas que inician al primer contacto con el arsénico y el síntoma inicial es irritación de piel; si la inflamación se hace crónica puede degenerar en cáncer, con la particularidad de aparecer varios años después de haber cesado la exposición. También produce deterioro funcional o maligno en otros órganos y tejidos como corazón, pulmón, riñón, hígado, sangre.

Los estudios de higiene ambiental asociados al proceso de los trabajadores en la actividad de fundiciones y soldadura en la industria metalmeccánica, nos demuestran que el peligro está latente y no puede desconocerse su efecto sobre la salud respiratoria de los trabajadores y por el contrario al ser un proceso realizado a cielo abierto, este no puede ser fácilmente controlado, por la volatilidad del arsénico utilizado en estos procesos, ya que las condiciones atmosféricas y locativas, lo ayudan en su propagación o desplazamiento hasta distancias considerables desde la fuente.

Las empresas deben contar con un sistema de información y por consiguiente un sistema de seguridad ocupacional, esto le permitirá tomar la decisión de controlar el riesgo al que se ven expuestos los trabajadores durante el proceso de soldadura y fundición y a la vez poder conocer y saber cómo se encuentra realmente la salud de los trabajadores (51).

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos actualmente de los estudios de higiene ambiental relacionados con los peligros de alto riesgo para la salud respiratoria de los trabajadores en estas actividades, se recomienda que las empresas deben programar y establecer un mejor control ambiental, mediante mediciones más frecuentes en periodicidad, más tiempo en la toma de las muestras, siguiendo la normatividad para la toma de muestras de material particulado, donde se debe hacer énfasis de qué se debe hacer con personal idóneo y certificado, con equipos calibrados y que se hagan los análisis en laboratorios nacionales o extranjeros reconocidos y certificados.

Igualmente se recomienda un sistema de información permanente y confiable, que con un sistema o software de simulación georreferenciada, permitirá las acciones inmediatas y oportunas para cuando se salga de control el riesgo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sedimentos ricos en arsénico. [Acceso 15 de Mayo de 2014]. Disponible en: <http://www.uclm.es/users/higeras/mga/elkinpdf>
2. To-Figueras J, El medio ambiente como determinante de la salud. *BBVA*, 2007; pag 53.
3. Nordberg, G., & Nordberg, G. METALES: PROPIEDADES QUIMICAS Y TOXICIDAD PRODUCTOS QUIMICOS.
4. Combariza Bayona, D. A. Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio, arsénico y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté Cundinamarca 2007 [Doctoral dissertation]. Universidad Nacional de Colombia; 2009.



5. Salud y Seguridad en el Trabajo. [acceso 15 de mayo de 2014]. Disponible en [file:///C:/Users/SAR/Downloads/SALUD\\_Y\\_SEGURIDAD%20OSCAR%20BETANCOURT%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/SAR/Downloads/SALUD_Y_SEGURIDAD%20OSCAR%20BETANCOURT%20(2).pdf)
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). [acceso 15 de mayo de 2014]. Disponible en <http://bvs.per.paho.org/bvsacd/arsenico/Arsenic2004/theme2/paper2.12.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). [acceso 15 de mayo de 2014]. Disponible en [http://revistabioanalisis.com/arxiu/notas/nota2\\_30\\_Bioanalisis.pdf](http://revistabioanalisis.com/arxiu/notas/nota2_30_Bioanalisis.pdf)
8. IARC (International Agency for Research on Cancer).1980. In IARC Monograph on the evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans 50, Pharmaceutical Drugs, pag 47 – 63, IARC, Lyon.
9. PA. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) on Arsenic. Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati, OH, 1993.
10. E.P.A. U.S. [Taller Evaluación de Riesgo Ambiental]. Organizado por División de Salud Ambiental (Ministerio de Salud). Facultad de Medicina U. De Chile Santiago; 1997.
11. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. Brit Med Bull. 2003; 68:167-82.
12. Mejía, J., Carrizales, L., Rodríguez, V. M., Jiménez-Capdeville, M. E., & Díaz-Barriga, F. 1999; 41(suplemento 2).
13. Políticas de desarrollo industrial. [acceso 15 de mayo de 2014]. Disponible en <http://www.economia.puc.cl/docs/022bitaapdf>
14. PLANT, D. O. A. P. LIXIVIACIÓN DE METALES PESADOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS POR. *Criterios fundamentales para resolver problemas de resistencia de materiales*, 2004; 57.
15. Villamizar Palomino, I. A. Evaluación de taladrinas agotadas generadas en la industria metalmeccánica de Bucaramanga y su área metropolitana. 2013.
16. Jurado, W. B. Información y presentación de un caso. 2005
17. Flórez, J. Metales: toxicología y antidotos. *Farmacología Humana*.
18. Cespón Romero, R. M. *Desarrollo de métodos analíticos automáticos para la determinación de metales en el medio ambiente laboral*. Univ Santiago de Compostela. 2008
19. Nordberg, G., & Nordberg, G. METALES: PROPIEDADES QUIMICAS Y TOXICIDAD PRODUCTOS QUIMICOS.
20. BELTRÁN, D. J. M. MTRO. JOSÉ FRANCISCO VIDAURRI RAMÍREZ.
21. Klaassen CD & Watkins JB. Eds. Casarett and Doull's Essentials of Toxicology 2th ed. McGraw- Hill. 2010.
22. Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. 2nd Ed. Baltimore: Williams Wilkins. 1997.
23. Richards IS. Principles and Practice of Toxicology in Public Health. MA: Jones and Bartlett Publishers. 2007.
24. Kulp TR, Hoeft SE, Asao M, Madigan MT, Hollibaugh JT, et al. Arsenic(III) fuels anoxygenic photosynthesis in hot spring biofilms from Mono Lake, California. *Science*. 2008; 321(5891):967-70.
25. Rose M, Lewis J, Langford N, Baxter M, Origgi S, Barber M, et al. Arsenic in seaweed- Forms, concentration and dietary exposure. *Food Chem Toxicol*. 2007; 45(7):1263-7.
26. Metales pesados en agua que utiliza población de Junín. [acceso 19 mayo 2014]. Disponible en: <http://www.cepes.org.pe/notiagro/sites/default/files/DEC-25092012>.
27. Ramírez, A. V. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico: actualización bibliográfica para investigación científica. 2013; (Vol. 74, No. 3, pp. 237-248).
28. Epidemiología del HACRE en la República Argentina. Estudio colaborativo multicéntrico. Secretaria Ambiente y Desarrollo sustentable. Ministerio de Salud. 2007; vol.74.
29. Gorby MS. Arsenic poisoning. *West J Med*. 1988; 149:308-15.

30. Rudge CV, Rollin HB, Nogueira CM, Thomasen Y, Rudge MC, Odland JO. The placenta as a barrier for toxic and essential elements in paired maternal and cord blood samples of South African delivering women. *J Environ Monit.* 2009; 11(7):1322-30.
31. Rossman T. Arsenic. En: Rom W. & Markowitz S. Eds. *Environmental and Occupational Medicine.* 4th Ed. PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2007; 1006-17.
32. Agency for Toxic Substances Disease Registry. [acceso 19 de mayo de 2014]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html>. Accedido oct. 2012.
33. Rosenstock L. *Textbook of clinical occupational and environmental medicine.* 2nd Ed. W.B.Saunders & Co; 2005.
34. Offergelt JA, Roels H, Buchet JP, Boeckx JP, Lawrerys R. Relation between airborne arsenic trioxide and urinary excretion of inorganic arsenic and its methylated metabolites. 1992; 49:397-3.
35. IARC Monograph metals, arsenic, dusts, and fibers. 2011; Volume 100.
36. Ott MG, Holder BB, Gordon HL. Respiratory cancer and occupational exposure to arsenicals. *Arch Environ Health.* 1974; 29:250-5.
37. Pinto SS, Bennet BM: some effect of arsenic trioxide exposure mortality. *Arch Environ Health.* 1963; 7:583-91.
38. Navarro Lechuga, E. La vigilancia epidemiológica local: Participación activa de la academia, los servicios y la comunidad en el Proyecto UNI-Barranquilla. *Revista Científica Salud Uninorte.* 2012; 14.
39. Castañeda Nieves, P. J., & Nivia González, L. A. Planificación del sistema de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional en Marquisuelas Osit's. 2013.
40. Cavanzo Rodríguez, S. J., Fuentes Fernández, R., & Hernández, F. Evolución histórica de la salud ocupacional y sus principales efectos en el sistema colombiano. 2013.
41. ESCOBAR, S. M. C. MODULO SALUD OCUPACIONAL.
42. Elles Navarro, E. UN PANORAMA A LOS RIESGOS PROFESIONALES EN COLOMBIA. *Ciencia y Salud Virtual.* 2012; 2(1), 172-177.
43. Zuleta Zuleta, J. E. *Marco normativo del Sistema General de Riesgos laborales en Colombia, en el período. 2013; 1915–2012.*
44. Charria VH, Sarsosa KV, Arenas F. Factores de riesgo psicosocial laboral: métodos e instrumentos de evaluación. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública.* 2011; 29(4): 380391.
45. Martínez Carmona MR. Las enfermedades raras y los vacíos jurídicos en la aplicabilidad de la legislación colombiana para su tratamiento. [Tesis de grado]. Manizales: Universidad de Manizales, Facultad de Derecho; 2013.
46. Maya Velez, L. M., Lozano Ramirez, O. E., & Osorio Ospina, I. M. Toxicología laboral con énfasis en metales pesados. 2013.
47. Tabla de enfermedades profesionales. [Acceso 20 mayo de 2014]. Disponible en: [http://www.arl-colpatria.co/arpc/docs/pdf/codigo\\_sustantivo\\_trabajo\\_pr007.pdf](http://www.arl-colpatria.co/arpc/docs/pdf/codigo_sustantivo_trabajo_pr007.pdf)
48. Yepes Luján, F. J., & Sánchez Gómez, L. H. La reforma del sector de la salud en Colombia: ¿ un modelo de competencia regulada?. *Revista Panamericana de Salud Pública.* 200; 8(1-2), 34-35.
49. GARCÍA, A. C. EL SISTEMA GENERAL DE RIESGOS PROFESIONALES VIGENTE EN COLOMBIA—UNA VISIÓN INTERNA Y DESDE LA DECISIÓN 584, INSTRUMENTO ANDINO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO—. *International Law: Revista Colombiana de Derecho Internacional.* 2008; (13), 215-253.
50. Restrepo, C. A. E. Los Departamentos de Gestión Ambiental: análisis del Decreto 1299 de 2008. *Criterio Jurídico.* 2011; 9(2).
51. Arsénico en el ambiente. [Acceso 22 mayo de 2014]. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/arsenico/cap3.pdf>